

[www.yildirimeng.com.tr](http://www.yildirimeng.com.tr)

## TBDY-2018'e göre Yapı Performans Analizi ve Güçlendirme

**Suat YILDIRIM**  
*İnşaat Yüksek Mühendisi*  
ODTÜ 1989

1. TBDY 2018 Bölüm 1, 2 3,4
  - a. Kapsam
  - b. Deprem Yer Hareketi Seviyeleri, Kullanım Alanları
  - c. Deprem Parametreleri, Yapıya Özel Spektrum Oluşturma (Afad haritası kullanma)
  - d. Yapı Sınıflandırma
  - e. Bina Performans Düzeyleri
  - f. Bina Performans Hedefleri ve Tasarım Yaklaşımları
  - g. Yapı Düzensizlikleri
  - h. R ve D katsayıları , Taşıyıcı Sistem Sınıflandırması, kullanım sınırlamaları
  - i. Yapı modelleme ilkeleri
    - a. Mevcut yapı modelleme teknikleri (hazır model üzerinden anlatılacaktır)
    - b. Perde, kolon, birleşik (perde-kolon) elemanlar, boşluklu, boşluksuz perdeler, kirişli perdeler
    - c. Etkin kesit rijitlikleri
  - j. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Doğrusal Deprem Hesabı
    - a. Binanın Hakim Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi
  - k. Mod Birleştirme Yöntemi ile Deprem Hesabı
  - l. Göreli Kat Ötemelerinin Sınırlandırılması ve Deprem Derzleri

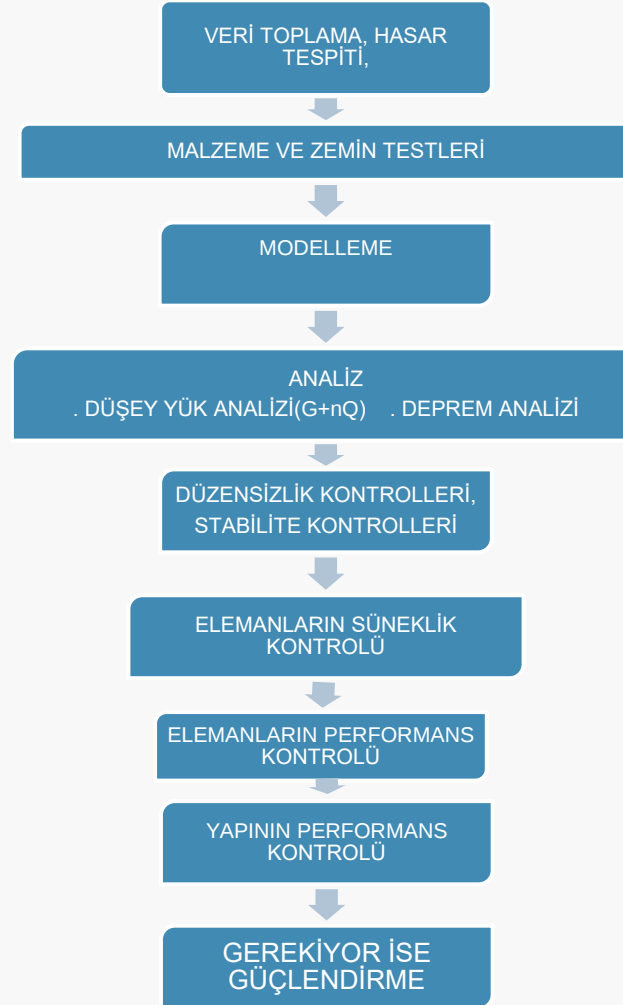
2. TBDY 2018 Bölüm 5 -15 Performans Analizi
  - a. Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım Yaklaşımı
  - b. Doğrusal Olmayan Davranış Modelleri
  - c. Doğrusal Olmayan Hesap İçin Taşıyıcı Sistemin Modellenmesine İlişkin Kurallar
  - d. Taşıyıcı Sistem Elemanları İçin Etkin Kesit Rijitlikleri
  - e. Doğrusal Olmayan Hesap Yönteminin Seçimi
    - i. Doğrusal olmayan itme yöntemleri
      - a) Sabit tek modlu itme yöntemi
      - b) Değişken tek modlu itme yöntemi
      - c) Çok modlu itme yöntemi
    - ii. Doğrusal olmayan zaman tanım alanında hesap yöntemi ile deprem hesabı
      - a) Deprem kayıtlarının seçimi ve ölçeklendirilmesi (ETABS -kullanılarak)

### 3. TBDY 2018 Bölüm 15 -Güçlendirme

#### a. Binaların Güçlendirilmesi

- i. Konvansiyonel Sistem Yapı Güçlendirmesi (Örnek konvansiyonel sistem ile güçlendirme için verilecektir)
  - 1. Filiz ekimi, ankraj hesapları ve ankraj çekme testleri
- ii. Güçlendirmede Karbon Fiber Kullanımı
  - 1. Uygulama örnekleri, görselleri
- iii. Güçlendirmede çelik elemanlar ile takviye yapılması
  - 1. Uygulama örnekleri, görselleri
- iv. Güçlendirmede Sönümleyici kullanımı
  - 1. Sönümleyici türleri, kullanım yerleri
  - 2. Uygulama örnekleri, görselleri
  - 3. Sönümleyici testleri
- v. Temel Güçlendirmesi
- vi. Yığma Yapı Güçlendirmesi

- GİRİŞ
- Güçlendirme / Performans Analizi Aşamaları



- I BÖLÜM

- TBDY 2018 BÖLÜM 1-2-3-4

# 1- TBDY 2018 Bölüm 1

## a. Kapsam

- Bina türü olmayan ve TBDY 2018 kapsamı dışında olan yapılar için uluslararası geçerli yönetmelikler kullanılabilir,
- Tarihi ve kültürel değeri olan tescilli yapılar kapsam dışıdır,
- Hafif çelik yapılar, ahşap yapılar, deprem izolasyonlu yapılar (sönümleyici içeren yapılar hala kapsam dışıdır), yüksek yapılar için ilave bölümler eklendi,
- Tasarım gözetimi ve kontrolü

### TASARIM GÖZETMENLİĞİ BELGESİ UZMANLIK ALANLARI

| Uzmanlık Alanı Sınıfı | Uzmanlık Alanı                                                                                                                               | Uzmanlık Alanı Tanımı                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TGUA-1                | Deprem Yer Hareketi                                                                                                                          | a) Sahaya özel deprem tehlikesinin belirlenmesi<br>b) Zaman tanım alanında deprem hesabı için deprem kayıtlarının seçimi, ölçeklendirilmesi veya döndürülmesi                                             |
| TGUA-2                | Zemin Davranış Analizleri ve Yapı-Kazık-Zemin Etkileşimi Analizleri                                                                          | a) Deprem etkisi altında doğrusal olmayan zemin davranış analizleri<br>b) Deprem etkisi altında doğrusal olmayan yapı-kazık-zemin etkileşimi analizleri                                                   |
| TGUA-3                | Yeni Yapılacak veya Mevcut Binaların Şekil değiştirmeye göre Değerlendirme ve Tasarımı İçin Doğrusal Olmayan Bina Taşıyıcı Sistem Analizleri | a) Deprem etkisi altında çok modlu itme yöntemleri ile doğrusal olmayan bina taşıyıcı sistem analizleri<br>b) Deprem etkisi altında zaman tanım alanında doğrusal olmayan bina taşıyıcı sistem analizleri |
| TGUA-4                | Yüksek Bina Analiz ve Tasarımı                                                                                                               | Deprem etkisi altında yüksek binaların analiz ve tasarımı                                                                                                                                                 |
| TGUA-5                | Deprem Yalıtımlı Bina Analiz ve Tasarımı                                                                                                     | Deprem etkisi altında yalıtımlı binaların analiz ve tasarımı                                                                                                                                              |

**Not:** TGUA-4 alanında uzman olanlar TGUA-3 alanında da uzman sayılırlar.

# 1- TBDY 2018 Bölüm 2

## Deprem Yer Hareketleri

### a. Deprem Yer Hareketi Seviyeleri, Kullanım Alanları (Burada verilen alanlar ile sınırlı olmamak kaydı ile...)

#### 2.2.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1 (DD-1)

DD-1 *Deprem Yer Hareketi*, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %2 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu *çok seyrek* deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, *gözönüne alınan en büyük deprem yer hareketi* olarak da adlandırılmaktadır.

- **Şiddetli Deprem; Önemli yapılar ( $I>1$ ), yüksek yapılar, yüksek performans istenen yapılar için yapılan analizlerde kullanılır.**
- **Yapıların doğrusal olmayan KH ve GÖ hasar seviyesindeki davranışlarının incelendiği deprem seviyesidir.**

#### 2.2.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2)

DD-2 *Deprem Yer Hareketi*, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu *seyrek* deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, *standart tasarım deprem yer hareketi* olarak da adlandırılmaktadır.

- **Tasarım Depremi; Standart yapıların ( $I=1$ ) tasarımı, önemli ve yüksek yapıların ön tasarımı için kullanılan depremdir.**
- **Yapıların doğrusal olmayan KH seviye davranışlarının incelenmesi için de kullanılır.**

# 1- TBDY 2018 Bölüm 2

## Deprem Yer Hareketi Düzeyleri

### 2.2.3. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3 (DD-3)

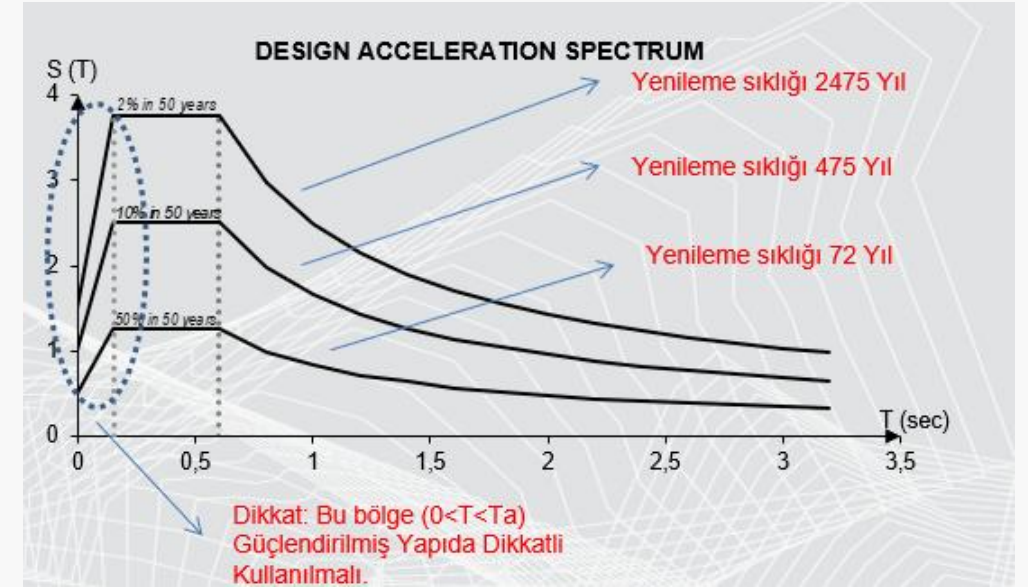
DD-3 *Deprem Yer Hareketi*, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %50 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu *sık* deprem yer hareketini nitelemektedir.

- Sık Deprem Hareketi; Yapıların SH hasar seviyesindeki doğrusal sınırlar içindeki davranışlarını incelemek için kullanılır. .

### 2.2.4. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4 (DD-4)

DD-4 *Deprem Yer Hareketi*, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %68 (30 yılda aşılma olasılığı %50) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 43 yıl olduğu *çok sık* deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, *servis deprem yer hareketi* olarak da adlandırılmaktadır.

- Servis Depremi; Yapıların servis durumu incelemek için kullanılır.



# 1- TBDY 2018 Bölüm 2

## c. Deprem Parametreleri, Yapıya Özel Spektrum Oluşturma (Afad haritası kullanma)

$$S_{ae}(T) = \left( 0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A} \right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A)$$
$$S_{ae}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B)$$
$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_L)$$
$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (T_L \leq T)$$

Rapor Başlığı:

Deprem Yer  
Hareketi Düzeyi

DD-1

50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl)  
olan deprem yer hareketi düzeyi

Yerel Zemin Sınıfı

ZD

Orta sıkı - sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları

Enlem:

38.731009°

Boylam

35.500513°

### Çıktılar

$S_s = 1.014$

$S_1 = 0.247$

$PGA = 0.422$

$PGV = 24.915$

$S_s$  : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

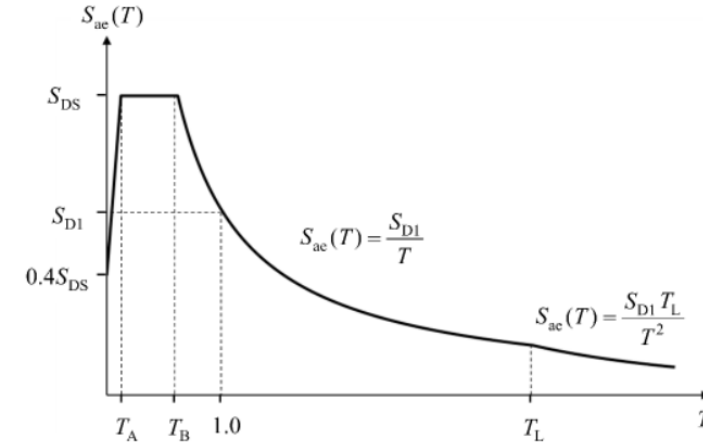
$S_1$  : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

$PGA$  : En büyük yer ivmesi [g]

$PGV$  : En büyük yer hızı [cm/sn]

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad ; \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

Sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu  $T_L = 6$  s alınacaktır.



### Tasarım Spektral İvme Katsayıları

$$S_{DS} = S_s F_s = 1.014 \times 1.094 = 1.110$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 = 0.247 \times 2.106 = 0.520$$

$S_{DS}$  : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

$S_{D1}$  : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

**Aşağıdaki durumlardan herhangi birisi var ise bu elemanlar için düşey deprem hesabı elemanların düşey titreşim modları esas alınarak düşey elastik spektrumuna göre 4.8.2'ye (mod birleştirme) göre yapılır ( $R/I=1$ ,  $D=1$ ).**

- (a) Açıklıklarının yataydaki izdüşümü 20 m veya daha fazla olan kirişleri içeren binalar,
- (b) Açıklıklarının yataydaki izdüşümü 5 m veya daha fazla olan konsolları içeren binalar,
- (c) Kirişlere oturan kolonları içeren binalar,
- (d) Kolonları düşeye göre eğimli olan binalar.

**Bu durumların olmadığı yapılar için düşey deprem etkisi özel bir hesap yapılmaksızın**

$$E_d^{(Z)} \approx (2/3) S_{DS} G \quad \text{bağıntısı ile hesaplanır}$$

**Deprem Etkisinin Diğer Etkiler ile Birleştirilmesi**

$$G + Q + 0.2S + E_d^{(H)} + 0.3E_d^{(Z)}$$

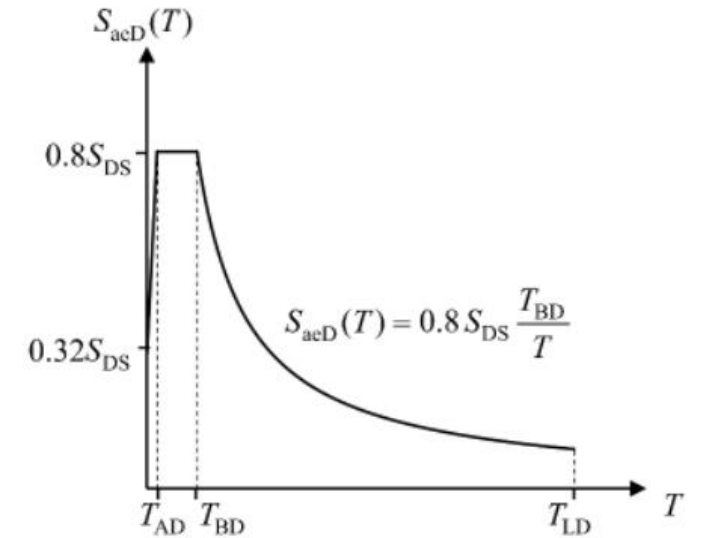
$$0.9G + H + E_d^{(H)} - 0.3E_d^{(Z)}$$

$$S_{aeD}(T) = \left( 0.32 + 0.48 \frac{T}{T_{AD}} \right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_{AD})$$

$$S_{aeD}(T) = 0.8 S_{DS} \quad (T_{AD} \leq T \leq T_{BD})$$

$$S_{aeD}(T) = 0.8 S_{DS} \frac{T_{BD}}{T} \quad (T_{BD} \leq T \leq T_{LD})$$

$$T_{AD} = \frac{T_A}{3} \quad ; \quad T_{BD} = \frac{T_B}{3} \quad ; \quad T_{LD} = \frac{T_L}{2}$$



TBDY 2018 Düşey Elastik Tasarım Spektrumu

# 1- TBDY 2018 Bölüm 2

## c. Deprem Parametreleri, Yapıya Özel Spektrum Oluşturma (Afad haritası kullanma)

2.3.2.2 – 2.3.2.1’de tanımlanan *harita spektral ivme katsayıları*  $S_S$  ve  $S_1$ , aşağıdaki şekilde *tasarım spektral ivme katsayıları*  $S_{DS}$  ve  $S_{D1}$ ’e dönüştürülür:

$$\begin{aligned} S_{DS} &= S_S F_S \\ S_{D1} &= S_1 F_1 \end{aligned} \quad (2.1)$$

Burada  $F_S$  ve  $F_1$  2.3.3’te tanımlanan *yerel zemin etki katsayıları*’nı göstermektedir.

**Tablo 2.1 – Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları**

| Yerel Zemin Sınıfı | Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı $F_S$  |              |              |              |              |                 |
|--------------------|-------------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
|                    | $S_S \leq 0.25$                                             | $S_S = 0.50$ | $S_S = 0.75$ | $S_S = 1.00$ | $S_S = 1.25$ | $S_S \geq 1.50$ |
| ZA                 | 0.8                                                         | 0.8          | 0.8          | 0.8          | 0.8          | 0.8             |
| ZB                 | 0.9                                                         | 0.9          | 0.9          | 0.9          | 0.9          | 0.9             |
| ZC                 | 1.3                                                         | 1.3          | 1.2          | 1.2          | 1.2          | 1.2             |
| ZD                 | 1.6                                                         | 1.4          | 1.2          | 1.1          | 1.0          | 1.0             |
| ZE                 | 2.4                                                         | 1.7          | 1.3          | 1.1          | 0.9          | 0.8             |
| ZF                 | Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5). |              |              |              |              |                 |

**Tablo 2.2 – 1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayıları**

| Yerel Zemin Sınıfı | 1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı $F_1$    |              |              |              |              |                 |
|--------------------|-------------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
|                    | $S_1 \leq 0.10$                                             | $S_1 = 0.20$ | $S_1 = 0.30$ | $S_1 = 0.40$ | $S_1 = 0.50$ | $S_1 \geq 0.60$ |
| ZA                 | 0.8                                                         | 0.8          | 0.8          | 0.8          | 0.8          | 0.8             |
| ZB                 | 0.8                                                         | 0.8          | 0.8          | 0.8          | 0.8          | 0.8             |
| ZC                 | 1.5                                                         | 1.5          | 1.5          | 1.5          | 1.5          | 1.4             |
| ZD                 | 2.4                                                         | 2.2          | 2.0          | 1.9          | 1.8          | 1.7             |
| ZE                 | 4.2                                                         | 3.3          | 2.8          | 2.4          | 2.2          | 2.0             |
| ZF                 | Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5). |              |              |              |              |                 |

## 2- TBDY 2018 Bölüm 3

### a. Yapı Sınıflandırma, Bina Kullanım Sınıfı

**Tablo 3.1 – Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları**

| Bina Kullanım Sınıfı | Binanın Kullanım Amacı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Bina Önem Katsayısı ( <i>I</i> ) |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| BKS = 1              | <b>Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</b><br>a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları)<br>b) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb.<br>c) Müzeler<br>d) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar | 1.5                              |
| BKS = 2              | <b>İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</b><br>Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1.2                              |
| BKS = 3              | <b>Diğer binalar</b><br>BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1.0                              |

## 2- TBDY 2018 Bölüm 3

### a. Yapı Sınıflandırma, Deprem Tasarım Sınıfı, Bina Yükseklik Sınıfı

**Tablo 3.2 – Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)**

| DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı ( $S_{DS}$ ) | Bina Kullanım Sınıfı |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------------|
|                                                                                              | BKS = 1              | BKS = 2, 3 |
| $S_{DS} < 0.33$                                                                              | DTS = 4a             | DTS = 4    |
| $0.33 \leq S_{DS} < 0.50$                                                                    | DTS = 3a             | DTS = 3    |
| $0.50 \leq S_{DS} < 0.75$                                                                    | DTS = 2a             | DTS = 2    |
| $0.75 \leq S_{DS}$                                                                           | DTS = 1a             | DTS = 1    |

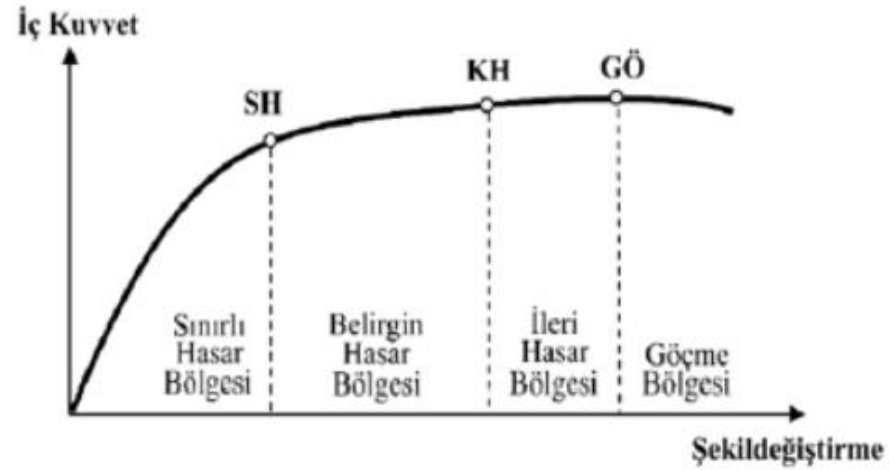
**Tablo 3.3 – Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları**

| Bina Yükseklik Sınıfı | Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m] |                        |                     |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------|
|                       | DTS = 1, 1a, 2, 2a                                                                                   | DTS = 3, 3a            | DTS = 4, 4a         |
| BYS = 1               | $H_N > 70$                                                                                           | $H_N > 91$             | $H_N > 105$         |
| BYS = 2               | $56 < H_N \leq 70$                                                                                   | $70 < H_N \leq 91$     | $91 < H_N \leq 105$ |
| BYS = 3               | $42 < H_N \leq 56$                                                                                   | $56 < H_N \leq 70$     | $56 < H_N \leq 91$  |
| BYS = 4               | $28 < H_N \leq 42$                                                                                   | $42 < H_N \leq 56$     |                     |
| BYS = 5               | $17.5 < H_N \leq 28$                                                                                 | $28 < H_N \leq 42$     |                     |
| BYS = 6               | $10.5 < H_N \leq 17.5$                                                                               | $17.5 < H_N \leq 28$   |                     |
| BYS = 7               | $7 < H_N \leq 10.5$                                                                                  | $10.5 < H_N \leq 17.5$ |                     |
| BYS = 8               | $H_N \leq 7$                                                                                         | $H_N \leq 10.5$        |                     |

## 2- TBDY 2018 Bölüm 3

### c. Bina Performans Hedefleri

**TBDY 2018** bölüm 15.3.2 de kesit hasar bölgeleri Şekil 15.1 de gösterildiği şekilde tanımlanmıştır.

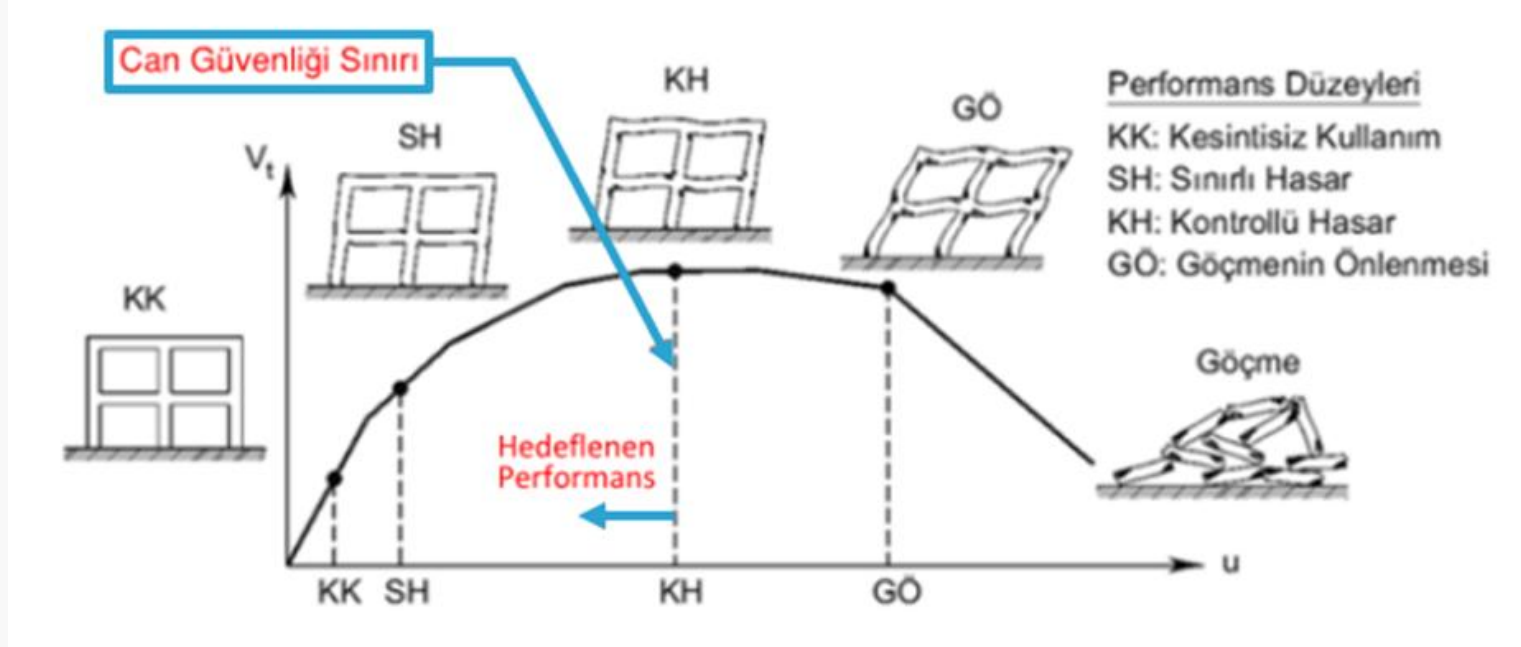


Şekil 15.1

TBDY 2018 Kesit Hasar Bölgeleri (2007 ile aynı)

## 2- TBDY 2018 Bölüm 3

### c. Bina Performans Hedefleri



TBDY 2018 Kesit Hasar Bölgeleri

## 2- TBDY 2018 Bölüm 3

### c. Bina Performans Hedefleri ve Tasarım Yaklaşımları

(a) Yeni Yapılacak Yerinde Dökme Betonarme, Ötüretimli Betonarme ve Çelik Binalar  
(Yüksek Binalar Dışında –  $BYS \geq 2$ )

| Deprem<br>Yer H.<br>Düzeyi | DTS = 1, 1a <sup>(1)</sup> , 2, 2a <sup>(1)</sup> , 3, 3a, 4, 4a |                                    | DTS = 1a <sup>(2)</sup> , 2a <sup>(2)</sup> |                                    |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------|
|                            | Normal Performans<br>Hedefi                                      | Değerlendirme/Tasarım<br>Yaklaşımı | İleri Performans<br>Hedefi                  | Değerlendirme/Tasarım<br>Yaklaşımı |
| DD-3                       | —                                                                | —                                  | SH                                          | ŞGDT                               |
| DD-2                       | KH                                                               | DGT <sup>(3)</sup>                 | KH                                          | DGT <sup>(3,4)</sup>               |
| DD-1                       | —                                                                | —                                  | KH                                          | ŞGDT                               |

(c) Mevcut Yerinde Dökme Betonarme, Ötüretimli Betonarme ve Çelik Binalar  
(Yüksek Binalar dışında –  $BYS \geq 2$ )

| Deprem<br>Yer H.<br>Düzeyi | DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a    |                                    | DTS = 1a, 2a               |                                    |
|----------------------------|-----------------------------|------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|
|                            | Normal Performans<br>Hedefi | Değerlendirme/Tasarım<br>Yaklaşımı | İleri Performans<br>Hedefi | Değerlendirme/Tasarım<br>Yaklaşımı |
| DD-3                       | —                           | —                                  | SH                         | ŞGDT                               |
| DD-2                       | KH                          | ŞGDT                               | —                          | —                                  |
| DD-1                       | —                           | —                                  | KH                         | ŞGDT                               |

<sup>(1)</sup>  $BYS > 3$  olan binalarda uygulanacaktır.

<sup>(2)</sup>  $BYS = 2,3$  olan binalarda uygulanacaktır.

<sup>(3)</sup> Ön tasarım olarak yapılacaktır.

<sup>(4)</sup>  $I = 1.5$  alınarak uygulanacaktır.

<sup>(5)</sup> Bkz. 3.5.2.2.

#### Dikkat:

- Yönetmelik minimum seviyeleri verir.
- Kontrollü Hasar hasarsızlık anlamına gelmez.
- Deprem sonrası kullanılması gereken binalar KH Performans seviyesine göre tasarlanamaz
- Yapı sahibine bilgilendirme önemli...

## 2- TBDY 2018 Bölüm 3

### d. Yapı Düzensizlikleri

TBDY 2018’de depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeni ile tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken binalar olarak tanımlanmıştır.

Düzensizlik durumları 2’ye ayrılmaktadır:

- 1- Planda düzensizlik durumları
- 2- Düşeyde düzensizlik durumları

## 2- TBDY 2018 Bölüm 3

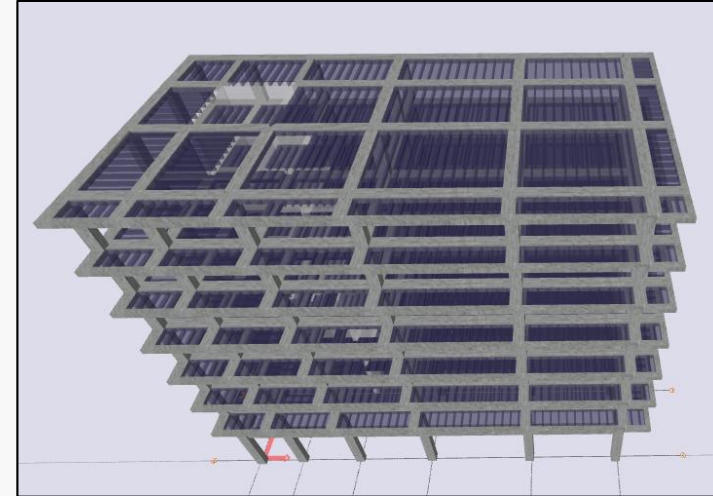
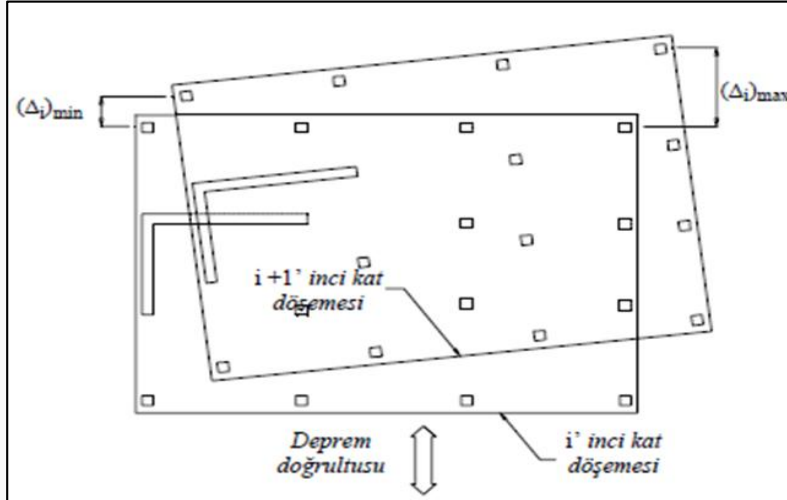
### d. Yapı Düzensizlikleri- Planda Düzensizlik Durumları

- *A1 – Burulma Düzensizliği*

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görece kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görece ötelemeye oranını ifade eden *Burulma Düzensizliği Katsayısı*  $\eta_{bi}$  'nin 1.2'den büyük olması durumu.

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}} > 1.2$$

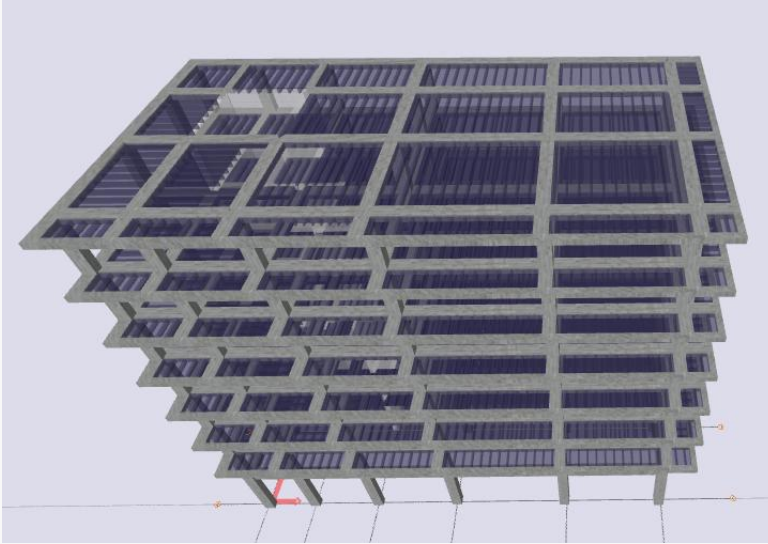
- *Yönetmeliğimizde olmamasına rağmen uluslararası kodlarda 1.4 üzeri burulma düzensizliği 'extreme torsion' aşırı burulma tabir edilir ve sünekliğin düşürülmesi şart koşulur (ASCE7-22 bölüm 12.3.4.2.1)*



## 2- TBDY 2018 Bölüm 3

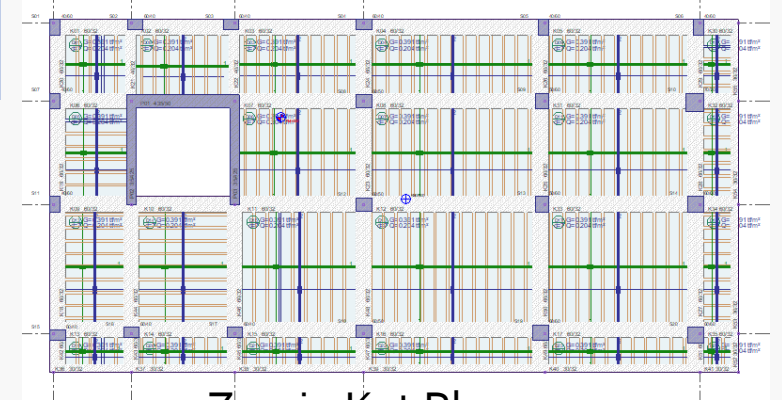
### d. Yapı Düzensizlikleri - Planda Düzensizlik Durumları

**Doğrusal Response Analizde Yeterli Görünen Yapı Yeterli mi ?!**  
Her doğrusal tasarımın mutlaka doğrusal olmayan performans analizi ile teyit önerilir

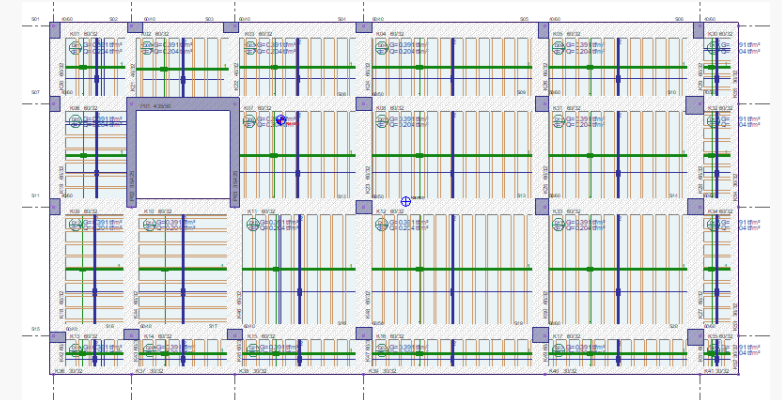


**Modal Kütle Katılım Oranları**

| Mod | Periyot [s] | Ux      | Uy      | Uz      |
|-----|-------------|---------|---------|---------|
| 1   | 1.56982     | 0.12723 | 0.33408 | 0.00000 |
| 2   | 0.90001     | 0.43803 | 0.29498 | 0.00000 |
| 3   | 0.68572     | 0.19461 | 0.13505 | 0.00000 |
| 4   | 0.46775     | 0.02023 | 0.04691 | 0.00000 |
| 5   | 0.23581     | 0.00046 | 0.01131 | 0.00000 |
| 6   | 0.21348     | 0.12249 | 0.05250 | 0.00000 |
| 7   | 0.15825     | 0.03399 | 0.06211 | 0.00000 |
| 8   | 0.14086     | 0.00095 | 0.00349 | 0.00000 |
| 9   | 0.09707     | 0.02765 | 0.01209 | 0.00000 |
| 10  | 0.08408     | 0.00326 | 0.00986 | 0.00000 |
| 11  | 0.07210     | 0.00222 | 0.00468 | 0.00000 |
| 12  | 0.06262     | 0.00617 | 0.00733 | 0.00000 |
| 13  | 0.05262     | 0.01080 | 0.01139 | 0.00000 |
| 14  | 0.03474     | 0.00173 | 0.00298 | 0.00000 |
| 15  | 0.03397     | 0.00479 | 0.00330 | 0.00000 |



Zemin Kat Planı



Normal Kat Planı

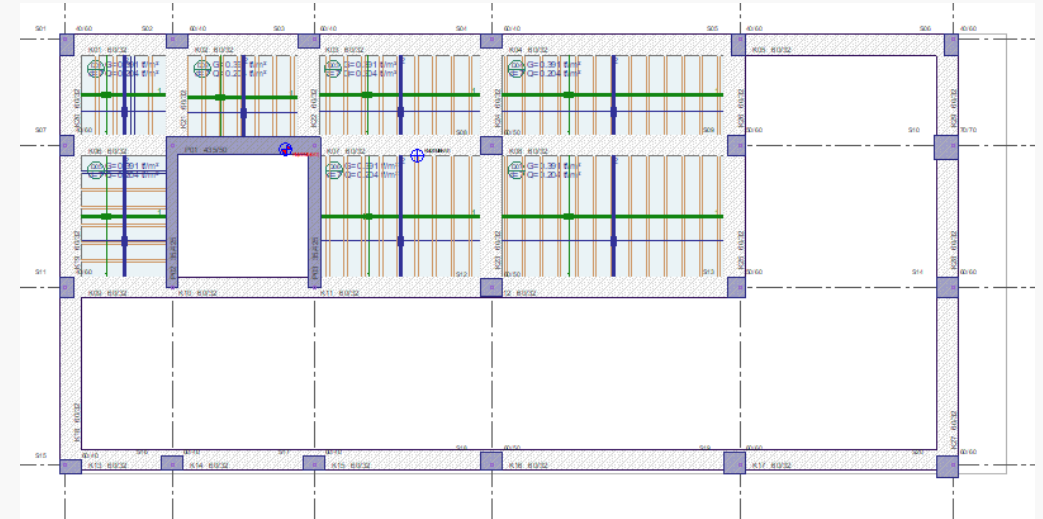
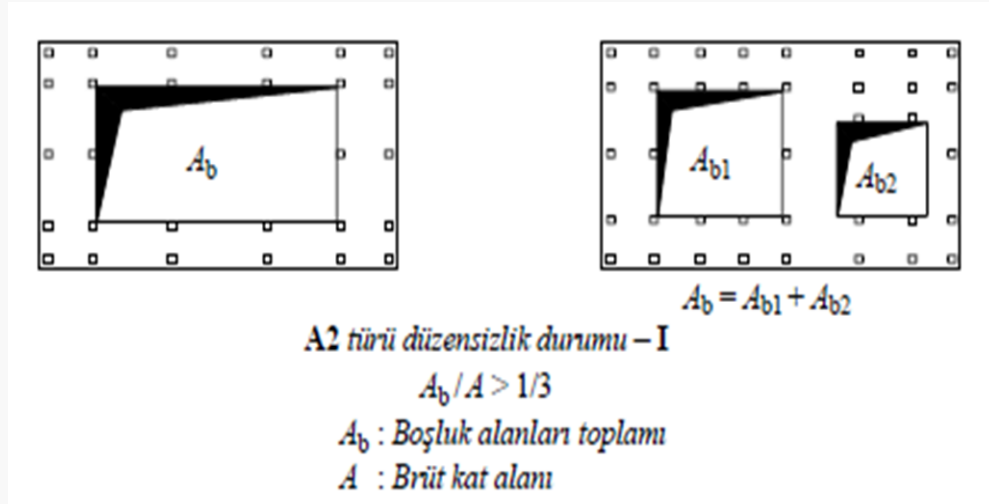
## 2- TBDY 2018 Bölüm 3

### d. Yapı Düzensizlikleri - Planda Düzensizlik Durumları

- *A2 – Döşeme Süreksizlikleri*

Herhangi bir kattaki döşemede;

1. Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu



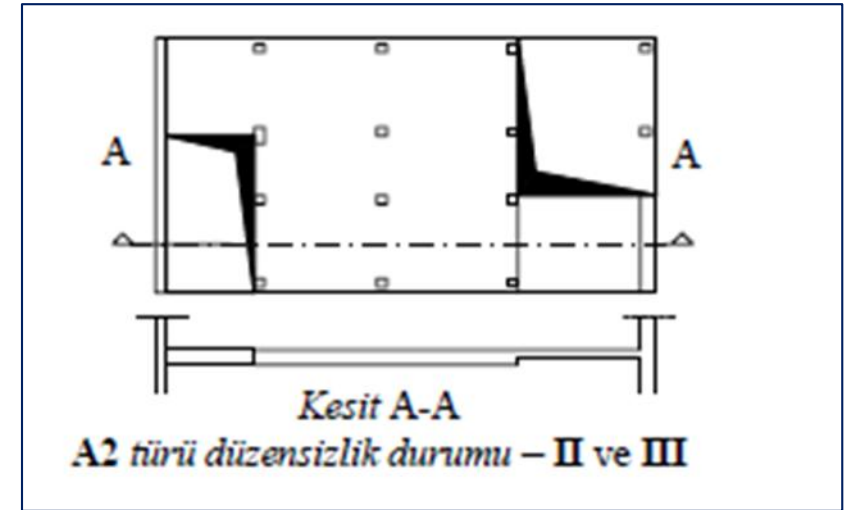
## 2- TBDY 2018 Bölüm 3

### d. Yapı Düzensizlikleri - Planda Düzensizlik Durumları

2. Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu,



3. Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu.



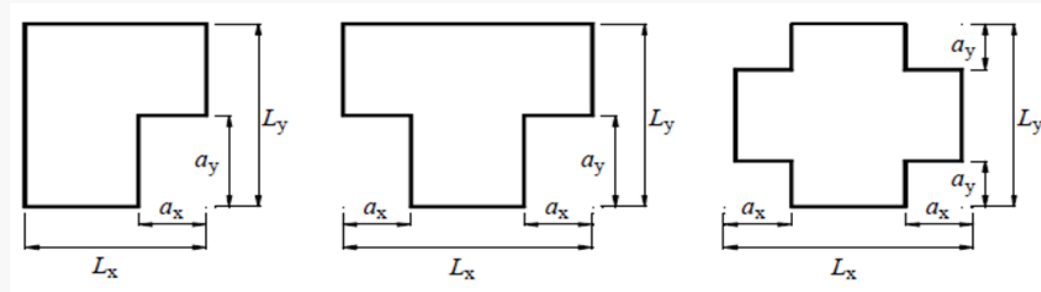
## 2- TBDY 2018 Bölüm 3

### d. Yapı Düzensizlikleri - Planda Düzensizlik Durumları

- A3- Planda Çıkıntılar Bulunması

Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu.

$$a_x > 0.2l_x \quad \text{ve} \quad a_y > 0.2l_y$$



A2 ve A3 düzensizliğinin bulunduğu binalarda;

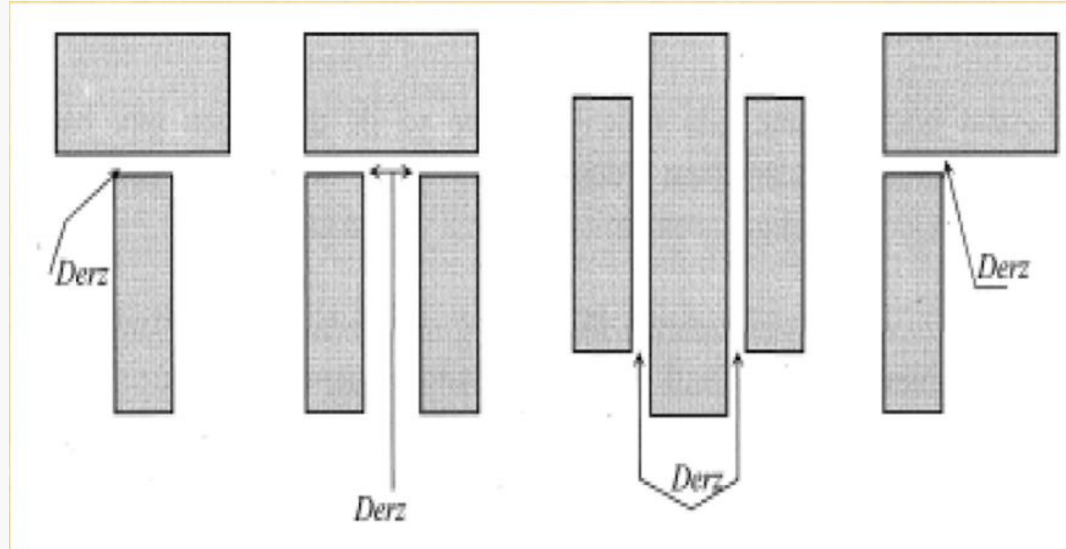
Kat döşemelerinin deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktardığını göstermek üzere iki boyutlu membrane veya kabuk sonlu elemanlar ile modellenenecektir. Döşemelerde rijit diyafram tanımı yapılmayacaktır.

## 2- TBDY 2018 Bölüm 3

### d. Yapı Düzensizlikleri - Planda Düzensizlik Durumları

Planda çıkıntılar olması durumunda:

Planda çıkıntıların bulunması durumunda yapıyı yeterli genişliğe sahip derzlerle çeşitli kısımlara ayırmak gerilme yığılmalarını önlemek açısından uygun olmaktadır.



## 2- TBDY 2018 Bölüm 3

### d. Yapı Düzensizlikleri - Düşeyde Düzensizlik Durumları

- *B1 – Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)*

Depreme dayanıklı yapı tasarımında düşey taşıyıcı elemanların en kesit boyutlarında ani küçülmeler istenmez. Çünkü küçülen boyutlar nedeniyle etkili kesme alanı aşırı azaldığından, bu kat zayıf kat durumuna düşebilir.

Deprem Yönetmeliği'ne göre;

Betonarme binalarda , birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanı'nın, bir üst kattaki etkili kesme alanı'na oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı  $\eta_{ci}$  'nin 0.80'den küçük olması durumu olarak tanımlanmaktadır.

$$\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0.80$$

$$\text{Etkili Kesme Alanı} \rightarrow \sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0.15 \sum A_k$$

$\sum A_w$  : Kolon enkesiti etkin gövde alanları toplamı

$\sum A_g$  : Deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan elemanların enkesit alanları toplamı

$\sum A_k$  : Deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanlarının (kapı ve pencere boşlukları hariç) toplamı

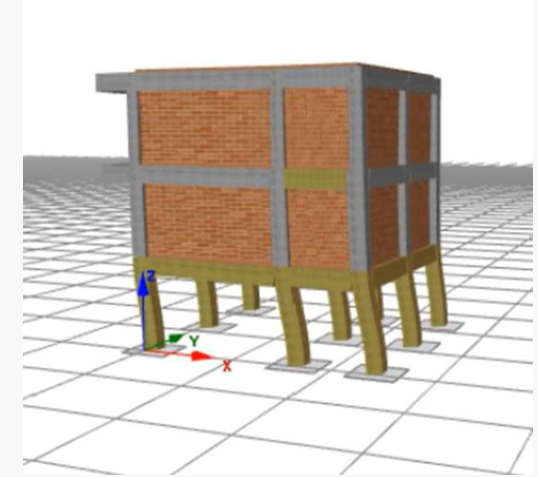
Katlar arasında düşey taşıyıcı eleman (kolon, kirişler) kesitleri değişmediği için yapıda B1 düzensizliği yoktur.

## 2- TBDY 2018 Bölüm 3

### d. Yapı Düzensizlikleri - Düşeyde Düzensizlik Durumları

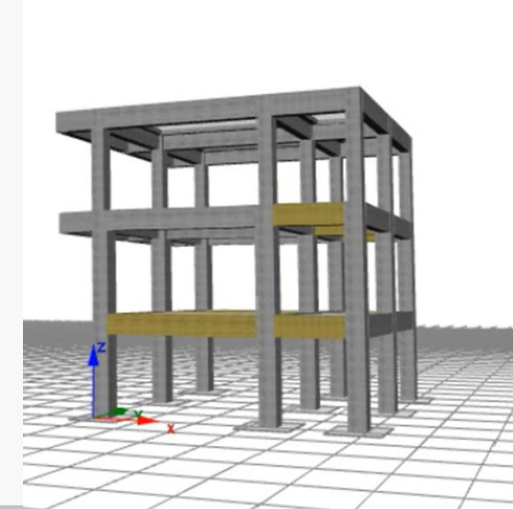
- *B2 – Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)*

| Kat          | Düşey Yönde Düzensizlik |                   |
|--------------|-------------------------|-------------------|
|              | B1( $\eta_{ci}$ )       | B2( $\eta_{ki}$ ) |
| 3. KAT       | -                       | 0.76 $\leq$ 2 Yok |
| 2. KAT       | 0.96 $\geq$ 0.8 Yok     | 1.41 $\leq$ 2 Yok |
| 1. KAT       | 1.00 $\geq$ 0.8 Yok     | 1.30 $\leq$ 2 Yok |
| ZEMİN KAT    | 0.91 $\geq$ 0.8 Yok     | 24.96 $>$ 2 Var   |
| 1.BODRUM KAT | 1.52 $\geq$ 0.8 Yok     | 0.10 $\leq$ 2 Yok |



- *B3 – Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği*

NOT: Taşıyıcı olmayan çerçeveye esnek bağlantı olmadan bağlanmış duvarlar bu düzensizlikleri etkiliyor.



### 3- TBDY 2018 Bölüm 4

#### a. R ve D katsayıları , Taşıyıcı Sistem Sınıflandırması, Kullanım Sınırlamaları

(Tüm bölüm üzerinden geçilmeyecek özellikle mevcut yapı performans değerlendirmesi açısından önemli konular üzerinde durulacak)

**Mevcut yapıların performans analizinde R ve D katsayıları kullanılmaz. Ancak güçlendirme amaçlı yapıya eklenen betonarme perde, çelik çapraz, takviye temeli gibi elemanların tasarımı için R ve D kullanılır.**

#### 4.3.2. Taşıyıcı Sistem Türüne Göre R ve D Katsayıları

**4.3.2.1** – Yerinde dökme ve öntüretimli betonarme, çelik, hafif çelik, yığma, ahşap bina taşıyıcı sistemleri ve **4.3.3**'te tanımlanan çeşitli süneklik düzeyleri için **EK 4A**'da tanımlanan *Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R* ve *Dayanım Fazlalığı Katsayısı D* **Tablo 4.1**'de verilmiştir.

**4.3.2.2** – Kompozit kolonlu sistemlerde, çelik taşıyıcı sistemler için verilen *R* ve *D* katsayıları kullanılacaktır.

**4.3.2.3** – **3.3.1**'de verilen tanıma göre, dıştan rijit perdelerle çevrelenen bodrumların bulunduğu binalarda, bodrum katlarının bulunduğu alt bölümde  $(R/I) = 2.5$  ve  $D = 1.5$  alınacaktır.

### 3- TBDY 2018 Bölüm 4

#### a. R ve D katsayıları , Taşıyıcı Sistem Sınıflandırması, Kullanım Sınırları

4.2.1.2 – EK 4A’da yapılan tanıma göre doğrusal elastik deprem yüklerinin azaltılmasında esas alınacak *Deprem Yüklü Azaltma Katsayısı*  $R_a(T)$  aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$$R_a(T) = \frac{R}{I} \quad T > T_B \quad (4.1a)$$

$$R_a(T) = D + \left( \frac{R}{I} - D \right) \frac{T}{T_B} \quad T \leq T_B \quad (4.1b)$$

#### 4.3.2. Taşıyıcı Sistem Türüne Göre R ve D Katsayıları

4.3.2.1 – Yerinde dökme ve önüretimli betonarme, çelik, hafif çelik, yığma, ahşap bina taşıyıcı sistemleri ve 4.3.3’te tanımlanan çeşitli süneklik düzeyleri için **EK 4A**’da tanımlanan *Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı*  $R$  ve *Dayanım Fazlalığı Katsayısı*  $D$  **Tablo 4.1**’de verilmiştir.

4.3.2.2 – Kompozit kolonlu sistemlerde, çelik taşıyıcı sistemler için verilen  $R$  ve  $D$  katsayıları kullanılacaktır.

4.3.2.3 – 3.3.1’de verilen tanıma göre, dıştan rijit perdelerle çevrelenen bodrumların bulunduğu binalarda, bodrum katlarının bulunduğu alt bölümde  $(R/I) = 2.5$  ve  $D = 1.5$  alınacaktır.

### 3- TBDY 2018 Bölüm 4

#### a. R ve D katsayıları , Taşıyıcı Sistem Sınıflandırması, kullanım sınırlamaları

| Bina Taşıyıcı Sistemi                                                                                                                                                                                                               | Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $R$ | Dayanım Fazlalığı Katsayısı $D$ | İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları<br>BYS |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------|
| <b>A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ</b>                                                                                                                                                                          |                                        |                                 |                                              |
| <b>A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler</b>                                                                                                                                                                                |                                        |                                 |                                              |
| <b>A11.</b> Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar                                                                                                   | 8                                      | 3                               | $BYS \geq 3$                                 |
| <b>A12.</b> Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar                                                                                             | 7                                      | 2.5                             | $BYS \geq 2$                                 |
| <b>A13.</b> Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar                                                                                                          | 6                                      | 2.5                             | $BYS \geq 2$                                 |
| <b>A14.</b> Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5) | 8                                      | 2.5                             | $BYS \geq 2$                                 |

### 3- TBDY 2018 Bölüm 4

#### a. R ve D katsayıları , Taşıyıcı Sistem Sınıflandırması, kullanım sınırlamaları

|                                                                                                                                                                                                                                      |   |     |              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----|--------------|
| <b>A21.</b> Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.1.2) | 6 | 2.5 | $BYS \geq 4$ |
| <b>A22.</b> Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.1.2)              | 5 | 2.5 | $BYS \geq 4$ |

Mevcut yapıların birleşim detayları yüksek sünek olmaması sebebi ile sınırlı sünek kabul edilir. Yapıya eklenen takviye elemanları ise yüksek sünek detayında düzenlenir. Sonuç olarak A21 ve A22 yapı tipi güçlendirilen yapılar için kullanılmaya uygundur.

### 3- TBDY 2018 Bölüm 4

#### a. R ve D katsayıları , Taşıyıcı Sistem Sınıflandırması, kullanım sınırlamaları

Güçlendirilmiş durumda kullanılacak R katsayısı aşağıdaki durumlar için revize edilmesi gerekebilir.

**4.3.2.4** – DTS = 1, 1a, 2, 2a olan betonarme perdeli ve/veya çelik çaprazlı çerçeveli binalarda, herhangi bir doğrultuda aşağıda **(a)** ve **(b)**'de tanımlanan iki koşuldan birinin sağlanamaması durumunda, o doğrultuda *Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı*  $R$  yerine  $(4/5)R$  gözönüne alınacaktır. *Dayanım Fazlalığı Katsayısı*  $D$ 'de herhangi bir değişiklik yapılmayacaktır. **4.5.4.5**'de verilen koşulu sağlayan bağ kirişli perde sistemi, tek bir perde olarak olarak gözönüne alınacaktır.

**(a)** Taşıyıcı sistemde tek bir perdenin veya çelik çaprazlı çerçevenin aldığı taban devrilme momenti  $M_{DEV}$ , o doğrultuda binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momenti  $M_o$ 'ın  $1/3$ 'ünden fazla olmayacaktır.

**(b)** Binanın her bir kenar aksında yer alan perde/perdelerin veya çelik çaprazlı çerçeve/çerçevelerin aldığı taban devrilme momenti  $M_{DEV}$  veya  $M_{DEV}$ 'lerin toplamı, o doğrultuda binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momenti  $M_o$ 'ın  $1/6$ 'sından az olmayacaktır.

**DİKKAT:** Yönetmelik temel amacı yapı dış akslarına ve dengeli perde yerleşimidir...

### 3- TBDY 2018 Bölüm 4

#### a. R ve D katsayıları , Taşıyıcı Sistem Sınıflandırması, kullanım sınırlamaları

TBDY 2018 madde 4.3.2.4 (a) ve (b) alt maddelerinde yapılarda R deprem azaltma katsayısına iki kriter ile 4/5 oranında bir azaltma getirmiştir.

Buradaki madde yazımındaki farklı algılamalar farklı yorumlara sebep olmaktadır.

Doğru yorumu yapabilmek için kelimelerin altında gizli anlamlar veya işimize gelecek yazım hataları aramak yerine maddenin asıl yazılma amacına bakmak gerekir.

#### **Şöyle ki;**

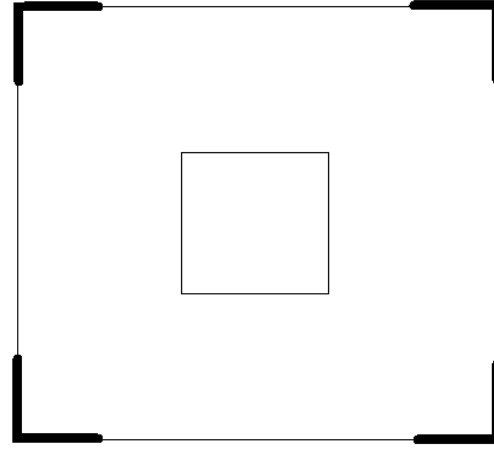
(a) Alt maddesi: Yapıya yerleştirilecek perdelerin rijitlik ve geometri bakımından dengeli dağıtılması ve bir perdeye aşırı yüklenme olmaması amacı taşır. Bir yöndeki devrilme momentinin 1/3 ünden fazlasının bir perdeye taşıttırılmasını engelleyerek bunu yapmaya çalışır.

(b) Alt maddesi: Yapıya yerleştirilecek perdelerin yapı dış akslarına yerleştirilerek burulma rijitliğinin artırılmasıdır ve yapının dengelenmesi amacını taşır. Aynı boyutlardaki perdelerin yapı rijitlik merkezine yakın veya dış akslara yerleştirilmeleri yapı burulma rijitliğini çok değiştirir. Bu konuda dış akslara yerleştirilen perdelerin bir yöndeki devrilme momentinin en az 1/6 miktarını alması istenir.

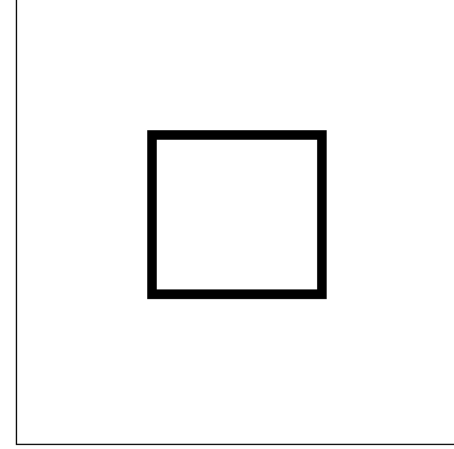
**DİKKAT:** Dış aksta hiç perdesi olmayan yapılar bu madde kapsamından kaçamaz...

### 3- TBDY 2018 Bölüm 4

#### a. R ve D katsayıları , Taşıyıcı Sistem Sınıflandırması, kullanım sınırlamaları



Perdeler Dış Akslara Yerleştirilmiş  
DOĞRU YAKLAŞIM



Perdeler Merkez Aksa Yerleştirilmiş  
HATALI YAKLAŞIM

Bazı yorumlarda bu maddelerin sadece tamamı perdelerden oluşan yapılara uygulanabileceği ifade ediliyor.

Madde aslında kendisi bu yorumu çürütüyor çünkü tamamı perdeli yapılarda dış akslara yerleştirilmiş perdeden bahsetmenin bir anlamı var mıdır? Zaten tamamı perdedir. Bu madde aksine dış akslara perde yerleştirmeyi zorlayıcı yöndedir.

Dolayısı ile bu maddeler içinde az veya çok perde sınıfına giren eleman içeren tüm yapılara uygulanır.

### 3- TBDY 2018 Bölüm 4

#### a. R ve D katsayıları , Taşıyıcı Sistem Sınıflandırması, kullanım sınırlamaları

#### 4.3.4. Taşıyıcı Sistemlerin Süneklik Düzeylerine İlişkin Koşullar

4.3.4.1 – Süneklik düzeyi sınırlı ve karma sistemlerle ilgili olarak;

(a) DTS=1a, DTS=2a, DTS=3a ve DTS=4a olarak sınıflandırılan binalarda *süneklik düzeyi sınırlı taşıyıcı sistemler* kullanılamaz. Bu tür taşıyıcı sistemlerle ilgili diğer sınırlamalar 4.3.4.3'te belirtilmiştir.

(b)  $BYS \leq 6$  olan ve DTS=1a ve DTS=2a olarak sınıflandırılan binalarda *süneklik düzeyi karma taşıyıcı sistemler* kullanılamaz.

4.3.4.2 – Birbirine dik doğrultularda taşıyıcı sistemlerin *süneklik düzeyleri*'nin aynı olması zorunludur. Ancak birbirine dik doğrultularda farklı R katsayıları ve bunlara karşı gelen D katsayıları kullanılabilir. **Tablo 4.1**'e göre izin verilen en üst *Bina Yükseklik Sınıfı*, iki doğrultuya göre verilenlerin elverişsizi olarak belirlenecektir.

### 3- TBDY 2018 Bölüm 4

#### a. R ve D katsayıları , Taşıyıcı Sistem Sınıflandırması, kullanım sınırlamaları

**TBDY 2018 ile birlikte mühendislik tartışma ortamımıza asmolen döşeme tipinde yapılar konulu bir tartışma oturdu.**

Yönetmelikteki ilgili maddelerin yazım ve ifade eksikliği sebebi ile konu döşeme tipine sınırlandı. İşin aslı tartışılması gereken konu çerçeve davranışı ve asmolen döşeme tipli yapılarda çerçeve davranışı olmalıdır.

**Neden yönetmelikler çerçeve tipi yapılar için en yüksek R katsayısını öngörür ?**

Yüksek R demek düşük deprem yükü hesaplanması ve buna göre donatılandırma, boyutlandırma anlamına gelir. R katsayısı azaldıkça yapının deprem enerjisini sönümleme kapasitesi azaldığı düşünülerek daha yüksek deprem yükü altında boyutlandırma ve donatılandırma gerektirir. Çerçeveler esnek yapısı ile daha fazla deprem enerjisi sönümlerler ancak tabi bu sönümlmeyi yapabilecek süneklığe - süneklik detaylarına sahip olmaları şartı ile.

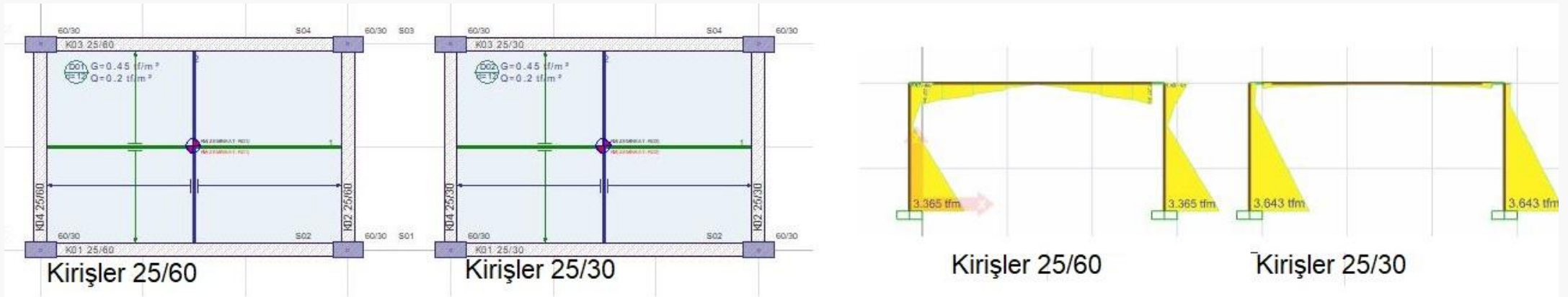
İşte asmolen döşeme tipi diye anılan yapıların zayıflığı ve gol yedikleri nokta burasıdır.

**Zayıf çerçeve davranışı. Ülkemizde yüksek sünek yapıların gerektirdiği detayların uygulanmasında problem vardır!!!**

### 3- TBDY 2018 Bölüm 4

a. R ve D katsayıları , Taşıyıcı Sistem Sınıflandırması, kullanım sınırlamaları

#### Çerçeve davranışı ne demektir ?



Figürde soldaki planda kirişler 25×60 ve sağdaki planda 25×30 ebatlarındadır. Kolonlar her iki yapıda da 30×60.

Aynı döşeme yükleri ve kalınlıkları ve aynı deprem etkisi altında Ex depremi altındaki moment diyagramları şeklin sağında görülebilir.

Aradaki bariz farz soldaki 25×60 kirişleri olan yapıda kolon üstlerinde momentlerin diğerine göre yaklaşık iki kat yüksek olmasıdır. Sağdaki modelde ise kiriş, kolondan çok az moment paylaşmış ve adeta basit mesnetli kiriş gibi çalışmıştır. Kolonlar ise adeta üstten mafsal bağlantılı konsol kolon gibi davranmıştır.

### 3- TBDY 2018 Bölüm 4

#### a. R ve D katsayıları , Taşıyıcı Sistem Sınıflandırması, kullanım sınırlamaları

Yönetmeliğin ilgili maddesi sürekli tek yönde boşluklu veya boşluksuz asmolen yapıdan bahsetmesine rağmen asıl kastettiği çerçeve etkisi yaratmayan yatık kirişlere sahip yapı tipidir.

Problem sadece tek yöne yük aktarması veya düşük döşeme kalınlığı (5-7 cm) sebebi ile rijit diyafram oluşturmaması olsa idi iki yöne yük aktaran ve oldukça kalın döşemelere sahip kirişsiz döşeme sistemleri de sınırlı sünek sayılmaz idi.

Tamamı sınırlı sünek kabul edilen bu sistemlerin ortak özelliği çerçeve davranışı gösterecek kolon kiriş birleşimlerine sahip olmamalarıdır.

Hiç diyaframı olmayan döşemesiz çerçeve sistemler yüksek sünek detayları sahip ise yine yüksek sünektir.

Dolayısı ile döşemenin rijit diyafram oluşturup oluşturmaması veya tek ya da iki yöne yük aktarması değil yapının yeterli rijitliğe sahip kolon kiriş birleşimlerine sahip olması süneklik seviyesini yükseltir.

Bu anlamda ben iki yöne dişli döşeme yaptım diyerek yapınızı yüksek sünek yapamazsınız. Yapmanız gereken dik kirişlere sahip kolon kiriş birleşimleri oluşturmaktır. Bunu yapamıyor isek yeterli perde ekleyip karma sistemleri oluşturmaktır.

### 3- TBDY 2018 Bölüm 4

#### a. R ve D katsayıları , Taşıyıcı Sistem Sınıflandırması, kullanım sınırlamaları

**4.3.4.3** – Deprem etkilerinin tamamı moment aktaran *süneklik düzeyi sınırlı* betonarme çerçevelerle karşılanan taşıyıcı sistemler (**Tablo 4.1**'de **A31, B31, C31** taşıyıcı sistemleri), sadece DTS=3 ve DTS=4 olan binalarda kullanılacaktır. Dolgulu (asmolen) veya dolgusuz tek doğrultulu dişli döşemeli betonarme çerçevelerden oluşan taşıyıcı sistemler de, perde içermedikleri takdirde, *süneklik düzeyi sınırlı taşıyıcı sistemler* olarak sınıflandırılacak ve sadece DTS=3 ve DTS=4 olan binalarda kullanılacaktır. Bu tür taşıyıcı sistemler, *süneklik düzeyi yüksek* betonarme bağ kirişli (boşluklu) ve/veya boşluksuz perdeler veya *süneklik düzeyi yüksek* çelik dışmerkez ve/veya merkezi çaprazlı çerçeveler ile birlikte düzenlenerek *süneklik düzeyi karma* sistemler olarak yapılabilir (**Tablo 4.1**'de **A2, B2, C2** taşıyıcı sistemleri).

### 3- TBDY 2018 Bölüm 4

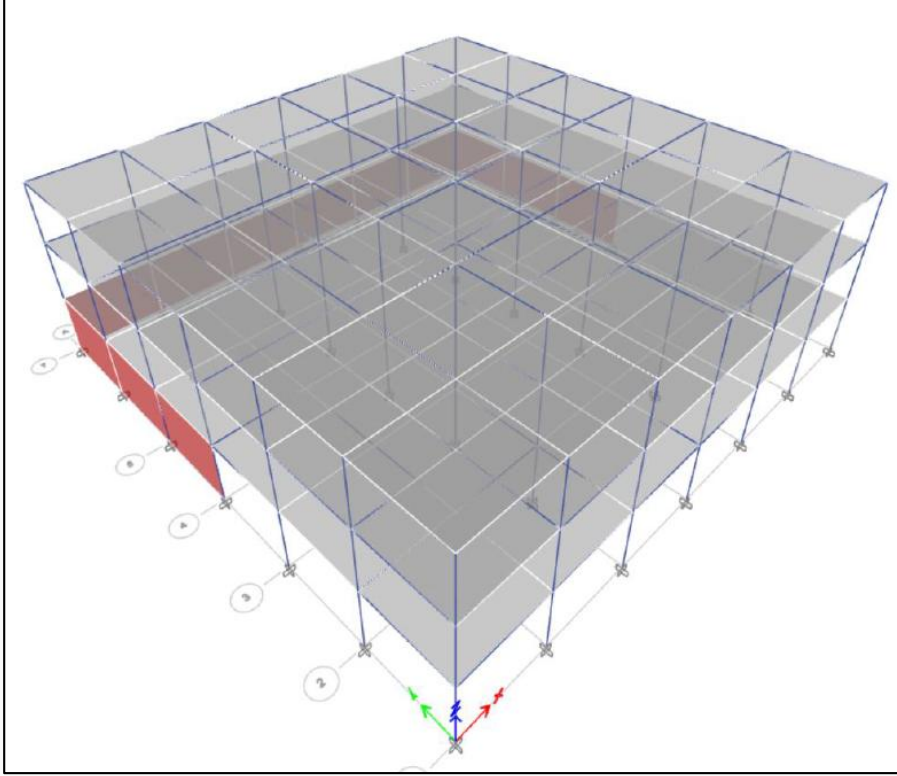
#### a. R ve D katsayıları , Taşıyıcı Sistem Sınıflandırması, kullanım sınırlamaları

**4.3.4.4** – Sadece kirişsiz döşemeleri içeren taşıyıcı sistemlerde, deprem etkilerinin tamamı betonarme binalarda *süneklik düzeyi yüksek* bağ kirişli (boşluklu) ve/veya boşluksuz perdeler veya *süneklik düzeyi sınırlı* boşluksuz perdeler tarafından karşılanacaktır (**Tablo 4.1**'de **A12**, **A13** ve **A32** taşıyıcı sistemleri). Çelik binalarda ise *süneklik düzeyi yüksek* merkezi ve/veya dışmerkez çaprazlı veya burkulması önlenmiş çaprazlı çerçeveler veya *süneklik düzeyi sınırlı* merkezi çaprazlı çerçeveler kullanılacaktır (**Tablo 4.1**'de **C12**, **C13** ve **C32** taşıyıcı sistemleri). Bu tür sistemlerin hesabı iki aşamada yapılacaktır. Birinci aşama hesapta çerçeve kolonları alttan ve üstten mafsallı alınacaktır. İkinci aşama hesapta ise bu elemanların bağlantıları monolitik olarak modellenenecektir. Perde, kolon, çapraz ve döşemelerdeki iç kuvvetler, iki aşamada elde edilenlerin elverişsiz olanı olarak hesaplanacaktır. Göreli kat ötelemeleri ikinci aşama hesaptan elde edilecektir.

NOT: Narin yapılar için de iki aşamalı hesap şiddetle önerilir!!!

### 3- TBDY 2018 Bölüm 4

#### b. Yapı modelleme ilkeleri



ETABS Modeli

#### **Mevcut Yapı:**

Kat Sayısı: Z+2 kat

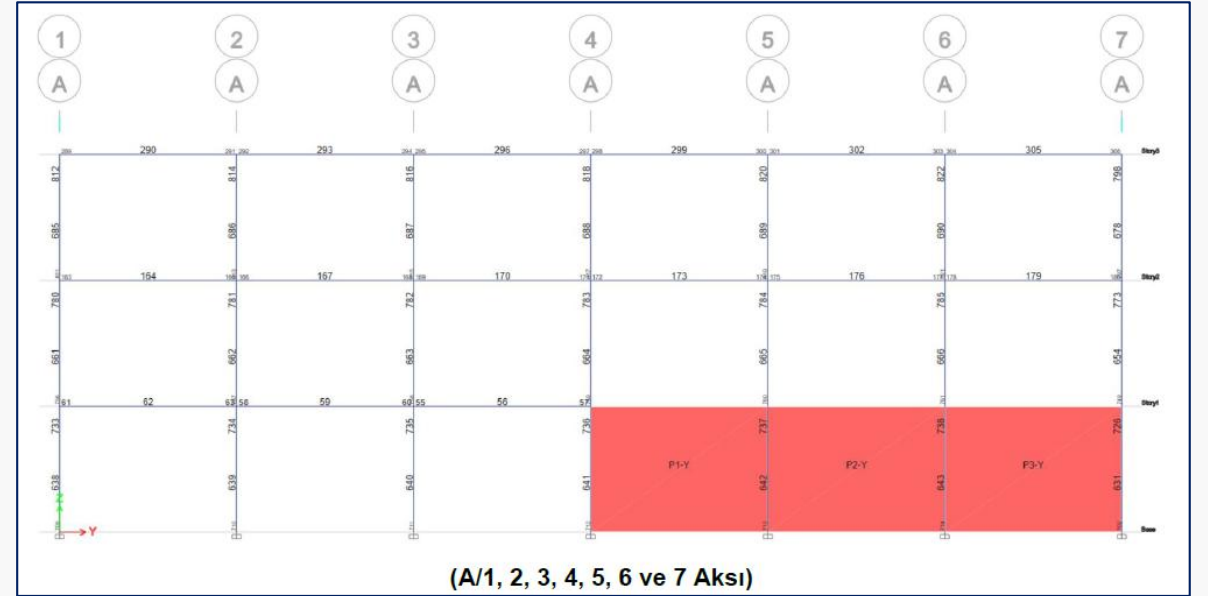
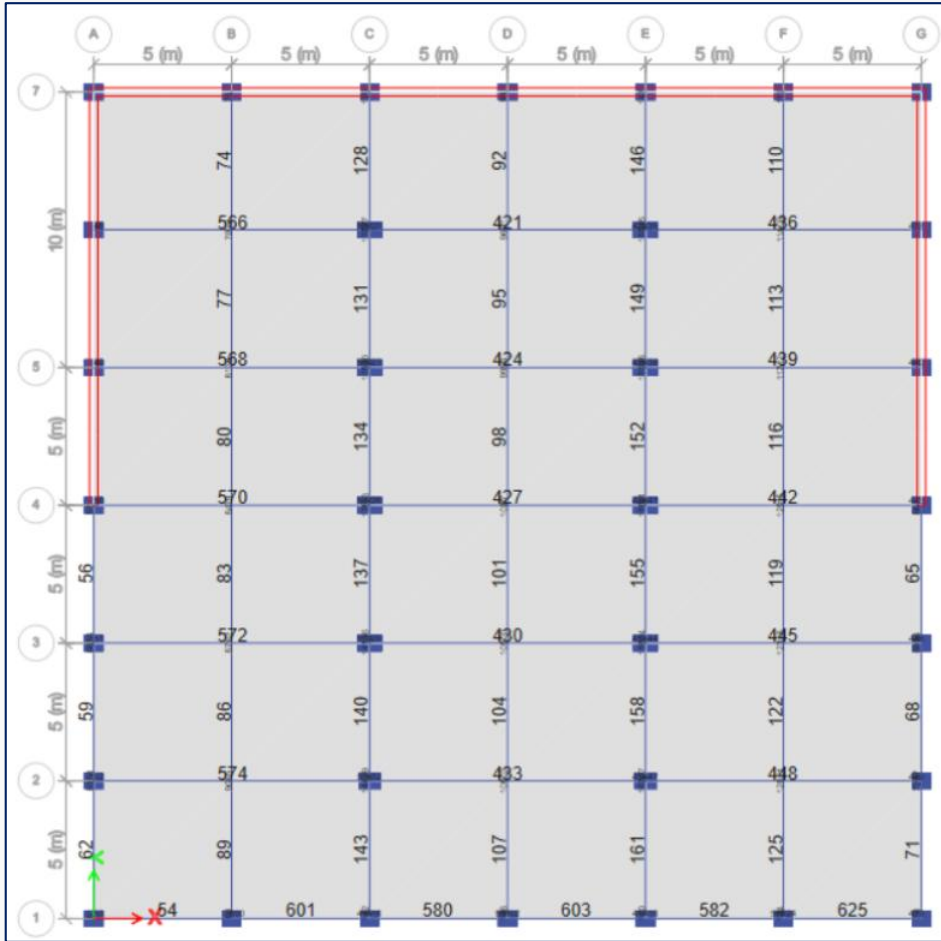
Yapı Tipik Alanı: 50 m x 30 m = 4500 m<sup>2</sup>

Mevcut Beton Kalitesi: C16.7

Mevcut Donatı Tipi: STIII, S420

### 3- TBDY 2018 Bölüm 4

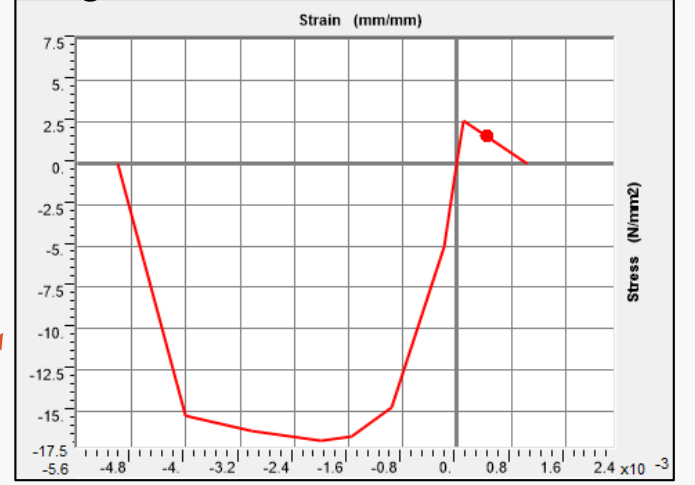
#### b. Yapı modelleme ilkeleri



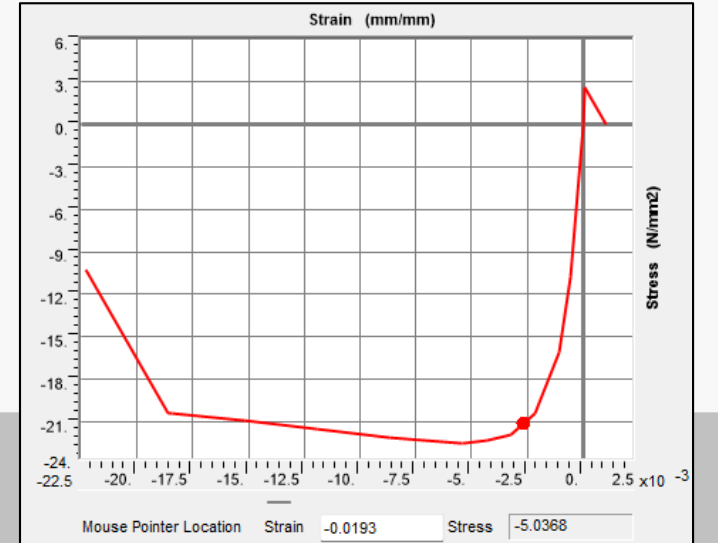
Yapı Örnek Kat Planı, Aks Planı

### 3- TBDY 2018 Bölüm 4 c. Malzeme Tanımlama- beton

#### Sargısız Malzeme Tanımlanması



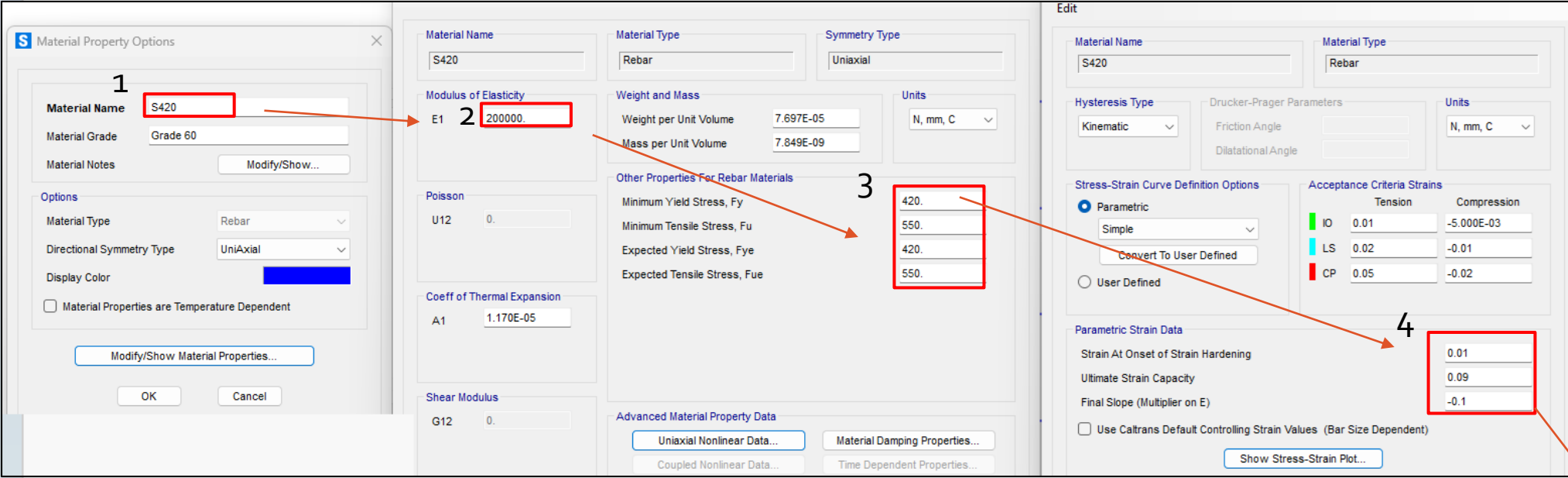
#### Sargılı Malzeme Tanımlanması (C60x60 kolon için)



#### C16.72 Beton Malzeme Tanımlanması

1. Malzeme isimlendirme
2. Elastisite Modülü
3.  $f_c$  beton basınç kapasitesi (mPA)
4. TBDY-2018 e göre sargısız beton sınırları

### 3- TBDY 2018 Bölüm 4 c. Malzeme Tanımlama- donatı



Material Property Options

Material Name: S420

Material Grade: Grade 60

Material Notes: Modify/Show...

Options

Material Type: Rebar

Directional Symmetry Type: UniAxial

Display Color: [Blue]

☐ Material Properties are Temperature Dependent

Modify/Show Material Properties...

OK Cancel

Material Name: S420

Material Type: Rebar

Symmetry Type: Uniaxial

Modulus of Elasticity: E1 200000.

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 7.697E-05

Mass per Unit Volume: 7.849E-09

Units: N, mm, C

Other Properties For Rebar Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 420.

Minimum Tensile Stress, Fu: 550.

Expected Yield Stress, Fye: 420.

Expected Tensile Stress, Fue: 550.

Poisson: U12 0.

Coeff of Thermal Expansion: A1 1.170E-05

Shear Modulus: G12 0.

Advanced Material Property Data

Uniaxial Nonlinear Data...

Material Damping Properties...

Coupled Nonlinear Data...

Time Dependent Properties...

Edit

Material Name: S420

Material Type: Rebar

Hysteresis Type: Kinematic

Drucker-Prager Parameters

Friction Angle: [Empty]

Dilatational Angle: [Empty]

Units: N, mm, C

Stress-Strain Curve Definition Options

☒ Parametric

Simple

☐ User Defined

Convert To User Defined

Acceptance Criteria Strains

|    | Tension | Compression |
|----|---------|-------------|
| IO | 0.01    | -5.000E-03  |
| LS | 0.02    | -0.01       |
| CP | 0.05    | -0.02       |

Parametric Strain Data

Strain At Onset of Strain Hardening: 0.01

Ultimate Strain Capacity: 0.09

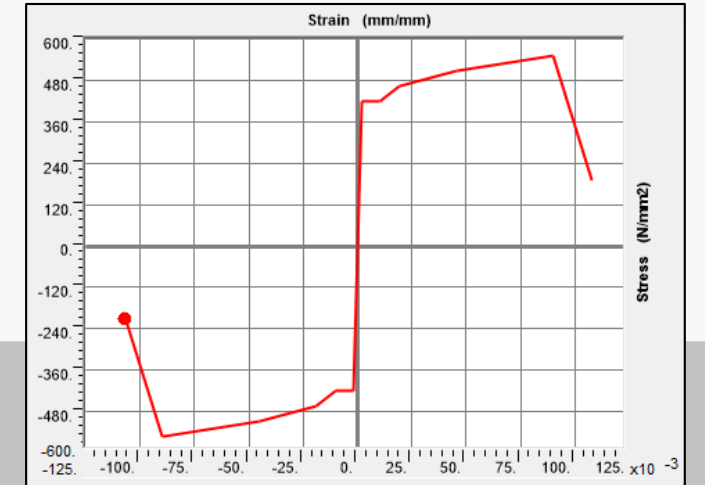
Final Slope (Multiplier on E): -0.1

☐ Use Caltrans Default Controlling Strain Values (Bar Size Dependent)

Show Stress-Strain Plot...

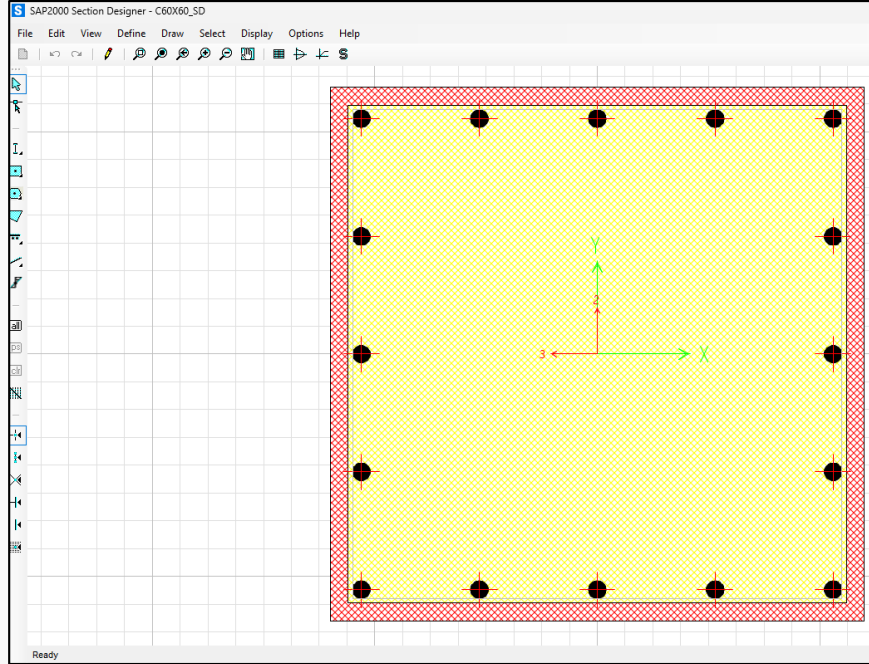
#### S420 Donatı Malzeme Tanımlanması

1. Malzeme isimlendirme
2. Elastisite Modülü
3.  $F_y$ ,  $F_u$  Akma- Kopma Dayanımı(mPA)
4. TBDY-2018 e göre donatı çeliği sınırları

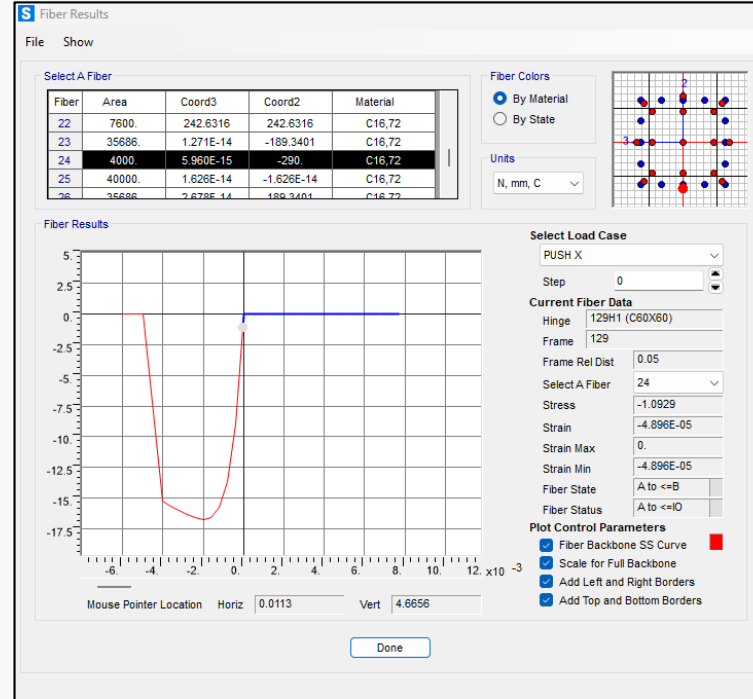


### 3- TBDY 2018 Bölüm 4

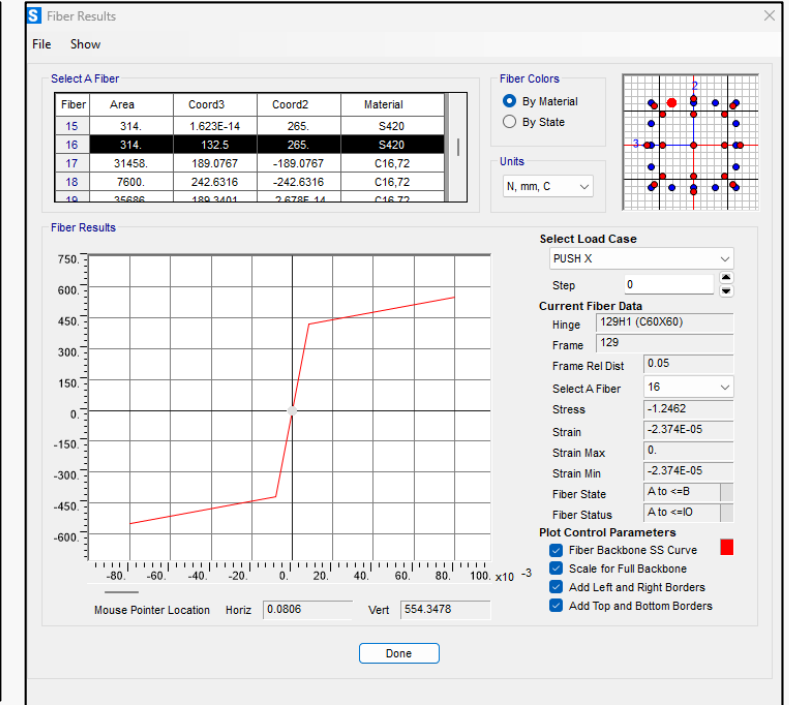
#### c. Kesit tanımlamaları ve fiber modeli



Kesit Tanımlaması



Analiz Fiber Sonucu - Beton



Analiz Fiber Sonucu - Donatı

### 3- TBDY 2018 Bölüm 4

#### b. Yapı modelleme ilkeleri

#### Doğrusal Modelleme İçin Etkin Kesit Rijitlikleri

**Tablo 4.2. Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Etkin Kesit Rijitliği Çarpanları**

| Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı   | Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı |              |
|-------------------------------------|-------------------------------|--------------|
| <i>Perde – Döşeme (Düzlem İçi)</i>  | <i>Eksenel</i>                | <i>Kayma</i> |
| Perde                               | 0.50                          | 0.50         |
| Bodrum perdesi                      | 0.80                          | 0.50         |
| Döşeme                              | 0.25                          | 0.25         |
| <i>Perde – Döşeme (Düzlem Dışı)</i> | <i>Eğilme</i>                 | <i>Kesme</i> |
| Perde                               | 0.25                          | 1.00         |
| Bodrum perdesi                      | 0.50                          | 1.00         |
| Döşeme                              | 0.25                          | 1.00         |
| <i>Çubuk eleman</i>                 | <i>Eğilme</i>                 | <i>Kesme</i> |
| Bağ kirişi                          | 0.15                          | 1.00         |
| Çerçeve kirişi                      | 0.35                          | 1.00         |
| Çerçeve kolonu                      | 0.70                          | 1.00         |
| Perde (eşdeğer çubuk)               | 0.50                          | 0.50         |

### 3- TBDY 2018 Bölüm 4

#### b. Yapı modelleme ilkeleri

#### Doğrusal Olmayan Modelleme İçin Etkin Kesit Rijitlikleri

**5.4.5.2 –** Yığılı plastik davranışına göre modellenen kolon, kiriş, bağ kirişi ve perdelerin *etkin kesit rijitlikleri* Denk.(5.2)'ye göre belirlenecektir.

$$(EI)_e = \frac{M_y}{\theta_y} \frac{L_s}{3} \quad (5.2)$$

Burada  $M_y$  ve  $\theta_y$  çubuk elemanın uçlarındaki plastik mafsalların *etkin akma momentleri* ile *akma dönmeleri*'nin ortalamalarını göstermektedir.  $L_s$  ise kesme açıklığı (kesitteki moment/kesme kuvveti oranı)'dır; kolon ve kirişlerde yaklaşık olarak açıklığın yarısı, perdelerde ise her katın tabanından perde tepesine olan uzaklığın yarısı olarak alınabilir. Denk.(5.2)'de yer alan plastik mafsal akma dönmesi  $\theta_y$  Denk.(5.3) ile hesaplanacaktır:

$$\theta_y = \frac{\phi_y L_s}{3} + 0.0015 \eta \left( 1 + 1.5 \frac{h}{L_s} \right) + \frac{\phi_y d_b f_{ye}}{8 \sqrt{f_{ce}}} \quad (5.3)$$

Burada  $\phi_y$  plastik mafsal kesitindeki *etkin akma eğriliğini* göstermektedir. Kiriş ve kolonlarda  $\eta=1$ , perdelerde ise  $\eta=0.5$  alınacaktır.  $h$  kesit yüksekliğidir. *Akma durumu için donatı*

**Dikkat: Aşırı düşük rijitlik değeri verebilir !!!**

### 3- TBDY 2018 Bölüm 4

#### c. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Doğrusal Deprem Hesabı

##### i. Binanın Hakim Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi

4.7.3.4 – Ampirik hakim doğal titreşim periyodu Denk.(4.27) ile hesaplanacaktır:

$$T_{pA} = C_t H_N^{3/4} \quad (4.27)$$

(a) Taşıyıcı sistemi sadece betonarme çerçevelerden oluşan binalarda  $C_t = 0.1$ , çelik çerçevelerden veya çaprazlı çelik çerçevelerden oluşan binalarda  $C_t = 0.08$ , diğer tüm binalarda  $C_t = 0.07$  alınacaktır.

(b) Deprem etkilerinin tamamının betonarme perdeler tarafından karşılandığı binalarda  $C_t$  katsayısı Denk.(4.28a) ile hesaplanacaktır:

$$C_t = \frac{0.1}{\sqrt{A_t}} \leq 0.07 \quad (4.28a)$$

Bu bağıntıdaki  $A_t$  eşdeğer alanı Denk.(4.28b)'de verilmiştir:

$$A_t = \sum_j A_{wj} \left[ 0.2 + \left( \frac{\ell_{wj}}{H_N} \right)^2 \right] \leq \sum_j A_{wj} \quad (4.28b)$$

### 3- TBDY 2018 Bölüm 4

#### b. Mod Katılımları

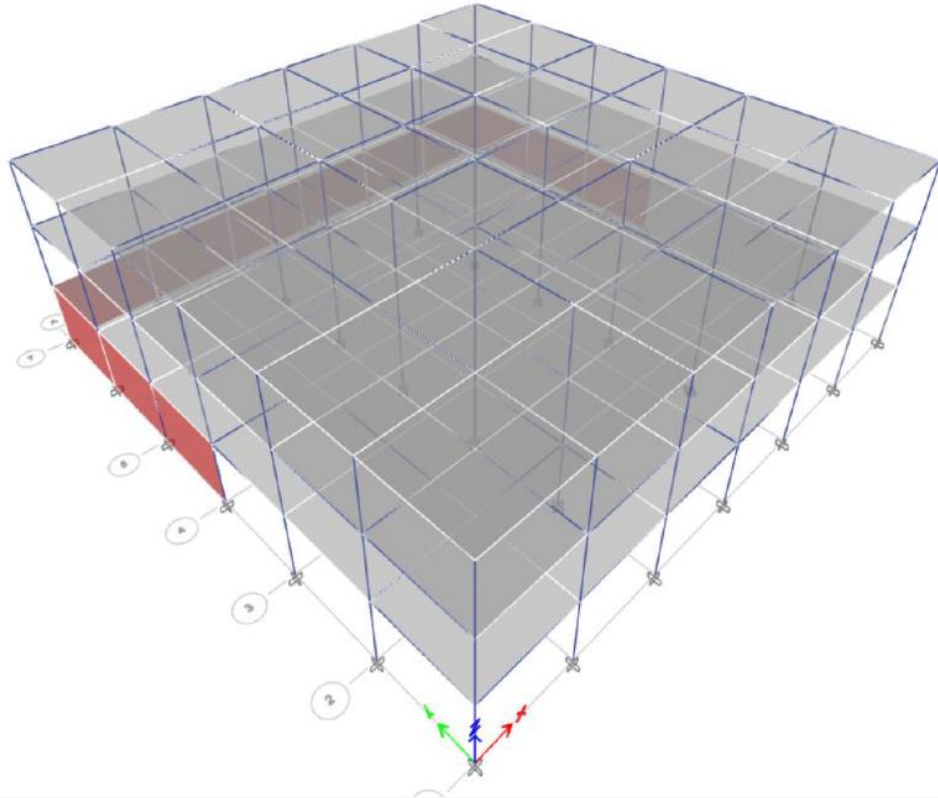
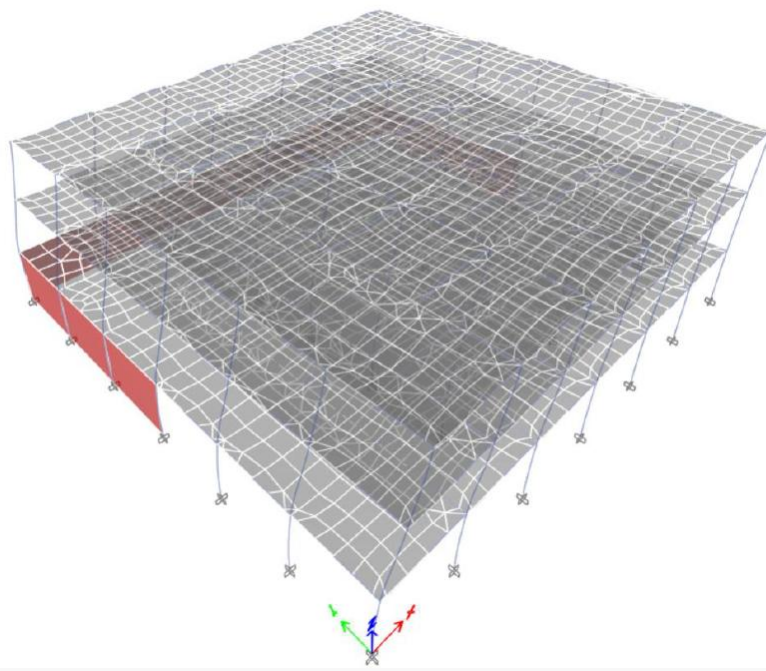


TABLE: Modal Participating Mass Ratios

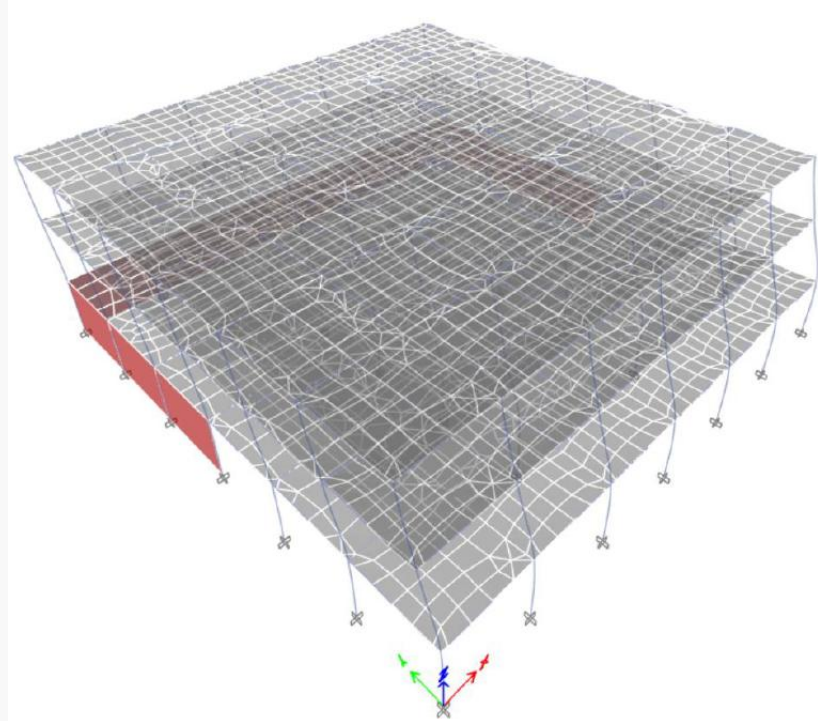
| OutputCase | StepType | StepNum  | Period | UX       | UY       | UZ       | SumUX    | SumUY    | SumUZ    | SumRZ    |
|------------|----------|----------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Text       | Text     | Unitless | Sec    | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless |
| MODAL      | Mode     | 1        | 0,329  | 0,660    | 0,000    | 0,000    | 0,660    | 0,000    | 0,000    | 0,047    |
| MODAL      | Mode     | 2        | 0,314  | 0,000    | 0,656    | 0,000    | 0,660    | 0,656    | 0,000    | 0,047    |
| MODAL      | Mode     | 3        | 0,250  | 0,023    | 0,000    | 0,000    | 0,683    | 0,656    | 0,000    | 0,6421   |
| MODAL      | Mode     | 4        | 0,097  | 0,000    | 0,098    | 0,000    | 0,683    | 0,754    | 0,000    | 0,6421   |
| MODAL      | Mode     | 5        | 0,096  | 0,145    | 0,000    | 0,000    | 0,829    | 0,754    | 0,000    | 0,6595   |
| MODAL      | Mode     | 6        | 0,076  | 0,006    | 0,000    | 0,000    | 0,835    | 0,754    | 0,000    | 0,7418   |
| MODAL      | Mode     | 7        | 0,054  | 0,104    | 0,000    | 0,000    | 0,939    | 0,754    | 0,000    | 0,766    |
| MODAL      | Mode     | 8        | 0,048  | 0,000    | 0,246    | 0,000    | 0,939    | 1,000    | 0,000    | 0,766    |
| MODAL      | Mode     | 9        | 0,029  | 0,061    | 0,000    | 0,000    | 1,000    | 1,000    | 0,000    | 0,9999   |
| MODAL      | Mode     | 10       | 0,007  | 0,000    | 0,000    | 0,000    | 1,000    | 1,000    | 0,000    | 0,9999   |
| MODAL      | Mode     | 11       | 0,007  | 0,000    | 0,000    | 0,000    | 1,000    | 1,000    | 0,000    | 0,9999   |
| MODAL      | Mode     | 12       | 0,007  | 0,000    | 0,000    | 0,000    | 1,000    | 1,000    | 0,000    | 0,9999   |

### 3- TBDY 2018 Bölüm 4

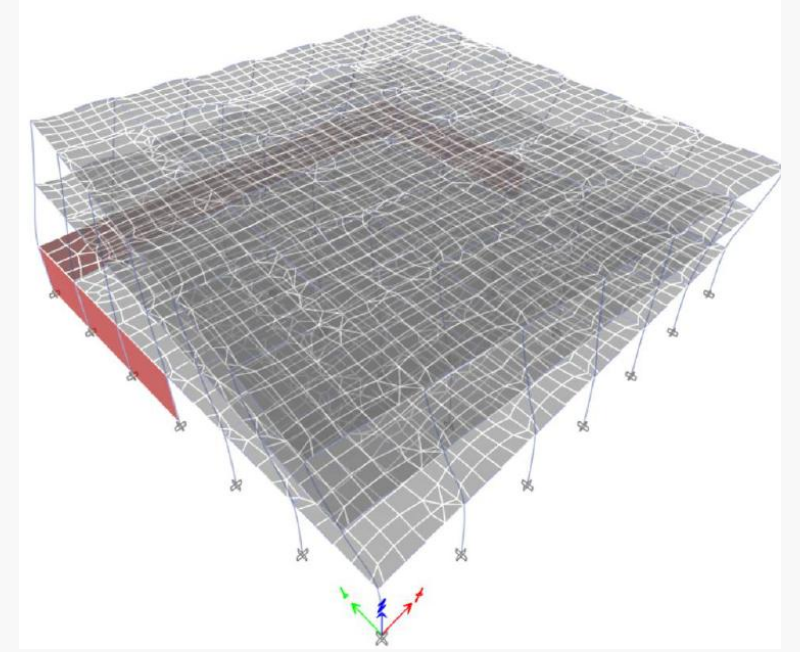
#### b. Mod Katılımları



**1. MOD, X yönü (T=0.329 sn)**



**2. MOD, Y yönü (T=0.314 sn)**



**3. MOD, Burulma (T=0.25 sn)**

### 3- TBDY 2018 Bölüm 4

#### e. Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması ve Deprem Derzleri

$$\delta_i^{(x)} = \frac{R}{I} \Delta_i^{(x)} \quad (4.33)$$

Etkin Göreli Kat ötelemesi

$$\lambda \frac{\delta_{i,\max}^{(x)}}{h_i} \leq 0.008 \kappa \quad (4.34a)$$

Boşluksuz gevrek duvar ile

$$\lambda \frac{\delta_{i,\max}^{(x)}}{h_i} \leq 0.016 \kappa \quad (4.34b)$$

Boşlukla esnek duvar ile

4.9.1.4 – Denk.(4.34)'te yer alan  $\lambda$  katsayısı, binanın gözönüne alınan deprem doğrultusundaki hakim titreşim periyodu için 2.2'de tanımlanan DD-3 deprem yer hareketinin 2.3.4.1'e göre hesaplanan *elastik tasarım spektral ivmesi*'nin, DD-2 deprem yer hareketinin *elastik tasarım spektral ivmesi*'ne oranıdır. Denk.(4.34)'te yer alan  $\kappa$  katsayısı ise betonarme binalarda  $\kappa = 1$ , çelik binalarda  $\kappa = 0.5$  alınacaktır.

### 3- TBDY 2018 Bölüm 4

#### e. Göreli Kat Ötemelerinin Sınırlandırılması ve Deprem Derzleri

##### Deprem derzleri

4.9.3.1 – 4.9.3.2'ye göre daha elverişsiz bir sonuç elde edilmedikçe derz boşlukları, her bir kat için komşu blok veya binalarda elde edilen yerdeğiştirmelerin karelerinin toplamının karekökü ile aşağıda tanımlanan  $\alpha$  katsayısının çarpımı sonucunda bulunan değerden az olmayacaktır. Gözönüne alınacak kat yerdeğiştirmeleri, kolon veya perdelerin bağlandığı düğüm noktalarında hesaplanan azaltılmış  $u_i^{(X)}$  yerdeğiştirmelerinin kat içindeki ortalamaları olacaktır. Mevcut eski bina için hesap yapılmasının mümkün olmaması durumunda eski binanın yerdeğiştirmeleri, yeni bina için aynı katlarda hesaplanan değerlerden daha küçük alınmayacaktır.

(a) Komşu binaların veya bina bloklarının kat döşemelerinin bütün katlarda aynı seviyede olmaları durumunda  $\alpha = 0.25 (R / I)$  alınacaktır.

(b) Komşu binaların veya bina bloklarının kat döşemelerinin, bazı katlarda olsa bile, farklı seviyelerde olmaları durumunda, tüm bina için  $\alpha = 0.5 (R / I)$  alınacaktır.

4.9.3.2 – Bırakılacak minimum derz boşluğu, 6 m yüksekliğe kadar en az 30 mm olacak ve bu değere 6 m'den sonraki her 3 m'lik yükseklik için en az 10 mm eklenecektir.

4.9.3.3 – Bina blokları arasındaki derzler, depremde blokların bütün doğrultularda birbirlerinden bağımsız olarak çalışmasına olanak verecek şekilde düzenlenecektir.

4.9.3.4 – Ayrık iki bina bloğunun veya bir binanın deprem davranışları bakımından farklı iki bölümünün birbirine köprü ve benzeri bir eleman ile bağlanması durumunda, söz konusu elemanın bağladığı bloklardan biri üzerindeki hareketli mesnedinin her iki deprem doğrultusu ve yönündeki yerdeğiştirme kapasitesi, iki bloğun bağlantı elemanı seviyesinde azaltılmış deprem yükleri için hesaplanan yerdeğiştirmelerinin mutlak değerleri toplamının en az  $1.5(R / I)$  katı olacaktır.

- II BÖLÜM
- TBDY 2018 BÖLÜM 5

## 4- TBDY 2018 Bölüm 5

### a. Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım Yaklaşımı

Şekil Değiştirmeye Göre  
Tasarım (ŞGDT) yaklaşımında:

- (a) Mevcut veya daha önce ön tasarımı yapılmış taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan modelleme yaklaşımları ile uyumlu iç kuvvet – şekildeğiştirme bağıntıları belirlenir.
- (b) Öngörülen *performans hedef(ler)i* ile uyumlu olarak seçilen deprem yer hareket(ler)i altında, taşıyıcı sistemin statik veya zaman tanım alanında dinamik artımsal yöntemlerle hesabı yapılır, *doğrusal olmayan sınık* davranışa ilişkin *şekildeğiştirme talepleri* ile *gevrek* davranışa ilişkin *dayanım talepleri* elde edilir.
- (c) Elde edilen *şekildeğiştirme ve iç kuvvet talepleri*, öngörülen performans hedef(ler)i ile uyumlu olarak tanımlanan *şekildeğiştirme ve dayanım kapasiteleri* ile karşılaştırılır.
- (d) Mevcut binalar için, şekildeğiştirme ve dayanım taleplerinin bunlara karşı gelen şekildeğiştirme ve dayanım kapasitelerinin altında olduğu veya onları aştığı gösterilerek *şekildeğiştirmeye göre değerlendirme* tamamlanır.
- (e) Yeni yapılacak veya güçlendirilecek mevcut binalar için şekildeğiştirme ve dayanım talepleri, bunlara karşı gelen şekildeğiştirme ve dayanım kapasitelerinin altında ise *şekildeğiştirmeye göre tasarım* tamamlanır. Aksi durumda eleman kesitleri değiştirilir ve hesap tekrarlanarak yeniden değerlendirme yapılır ve bu şekilde *şekildeğiştirmeye göre tasarım* sonuçlandırılır.

## 4- TBDY 2018 Bölüm 5

### a. Doğrusal Hesap Yönteminin Kullanım Sınırları

#### Doğrusal Hesap Yöntemleri

- Eşdeğer Deprem Yüğü (Uygulanabilecek yapılar Tablo 4.4)
- Mod Birleştirme

#### Doğrusal Hesap Yönteminin Uygulama Sınırları

Aşağıda belirtilen durumlardan herhangi birinin oluşması durumunda uygulanamaz.

- Bina yükseklik sınıfının 5'den küçük olması ( $BYS < 5$ ).
- Binada 3.6.2.4'de belirtilen B3 düzensizliğinin bulunması.
- Betonarme binalarda, binanın üst katı haricindeki herhangi bir katında, her bir deprem doğrultusu için düşey sünek elemanların (kolon, perde ve güçlendirilmiş bölme duvarlar) kesme kuvveti ile ölçeklendirilmiş EKO değerlerinin ortalamasının deprem yönündeki kirişlerin ortalama EKO değerinden büyük olması.
- Binanın üst katı haricindeki herhangi bir katında, her bir deprem doğrultusu için sünek perde, sünek kolon ve güçlendirilmiş bölme duvarların kesme kuvveti ile ölçeklendirilmiş EKO değerlerinin ortalamasının 3'den büyük olması.
- Binanın üst katı haricindeki herhangi bir katında, her bir deprem doğrultusundaki sünek kirişlerin ortalama EKO değerinin 5'den büyük olması.

NOT: Çerçeve tipi yapıları uygulanabilir. Sağlama kriterleri çok yüksek. Kirişlerde tespit düzgün yapamıyoruz.

# Hesap Yöntemi Seçimi

## Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri

- Tek Modlu İtme Yöntemleri (BYS $\geq$  5 )
  - Sabit Tek Modlu İtme Yöntemi
  - Değişken Tek Modlu İtme Yöntemi
- Çok Modlu İtme Yöntemleri (BYS $\geq$ 2)
- Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz (Tüm Yapılar)

## Doğrusal Olmayan Hesap Yönteminin Uygulama Sınırları

### Sabit Modlu İtme Yöntemi Uygulama Sınırı;

- 5B.1.6 – Düşey yüklerin şekil değiştirmiş taşıyıcı sistemde meydana getirdiği ikinci mertebe etkileri'nin önemli olabileceği binalarda, Sabit Modlu İtme Yöntemi'nin taban kesme kuvvetine dayalı olması nedeni ile, bu etkiler uyumlu bir biçimde gözönüne alınamadığından, 5B.2'de verilen Değişken Modlu İtme Yöntemi kullanılmalıdır.

### Değişken Modlu İtme Yöntemi Uygulama Sınırı;

- En yakın fayın binaya uzaklığının 15 km'den az olduğu durumlarda,
- İkinci mertebe etkileri nedeni ile modal kapasite diyagramının akma sonrasındaki eğimlerinin negatif olması durumunda.

## 4- TBDY 2018 Bölüm 5

### b. Doğrusal Olmayan Davranış Modelleri

#### Yığılı Plastik Davranış Modeli (Mafsal):

Çubuk sonlu elemanlar için kullanılır (kolon, kiriş, perde)

Frame Hinge Property Data for 544H1 - Moment M3

Edit

Displacement Control Parameters

| Point | Moment/SF | Rotation/SF |
|-------|-----------|-------------|
| E-    | -1        | -5          |
| D-    | -1        | -5          |
| C-    | -1        | -5          |
| B-    | -1        | -0          |
| A     | 0         | 0           |
| B     | 1         | 0           |
| C     | 1         | 5           |
| D     | 1         | 5           |

☒ Symmetric

Type

☒ Moment - Rotation

☐ Moment - Curvature

Hinge Length

☐ Relative Length

Hysteresis Type And Parameters

Hysteresis Type: Isotropic

No Parameters Are Required For This Hysteresis Type

Load Carrying Capacity Beyond Point E

☐ Drops To Zero

☒ Is Extrapolated

Scaling for Moment and Rotation

☐ Use Yield Moment

Moment SF: 91820000.

☐ Use Yield Rotation

Rotation SF: 1.

(Steel Objects Only)

Acceptance Criteria (Plastic Rotation/SF)

|                     | Positive  | Negative |
|---------------------|-----------|----------|
| Immediate Occupancy | 3.000E-03 |          |
| Life Safety         | 0.012     |          |
| Collapse Prevention | 0.015     |          |

☐ Show Acceptance Criteria on Plot

OK Cancel

#### Yayıllı Plastik Davranış Modeli (Fiber):

Eleman yeteri kadar küçük hücrelere, donatılara vb parçalanarak modellenir. Her bir birimin doğrusal olmayan eksenel şekil değiştirme bağıntıları tanımlanır. Karmaşık kesitli perdeler veya daha hassas hesap yapmak için yoğunlukla kullanılır.

Define Fibers for Hinge 13H2

Edit

Control

Number of Fibers: 33

☒ Overlay Section on Plot

C60X60\_SD

Sort Fiber Data

Fiber Definition Data

| Fiber | Area   | Coord3    | Coord2     | Material |
|-------|--------|-----------|------------|----------|
| 11    | 314.   | -265.     | -132.5     | S420     |
| 12    | 314.   | -265.     | 1.623E-14  | S420     |
| 13    | 314.   | -265.     | 132.5      | S420     |
| 14    | 314.   | -132.5    | 265.       | S420     |
| 15    | 314.   | 1.623E-14 | 265.       | S420     |
| 16    | 314.   | 132.5     | 265.       | S420     |
| 17    | 31458. | 189.0767  | -189.0767  | C16,72   |
| 18    | 7600.  | 242.6316  | -242.6316  | C16,72   |
| 19    | 35686. | 189.3401  | -2.678E-14 | C16,72   |
| 20    | 4000.  | 290.      | -1.098E-14 | C16,72   |
| 21    | 31458. | 189.0767  | 189.0767   | C16,72   |
| 22    | 7600.  | 242.6316  | 242.6316   | C16,72   |
| 23    | 35686. | 1.271E-14 | -189.3401  | C16,72   |
| 24    | 4000.  | 5.960E-15 | -290.      | C16,72   |

Show Properties...

OK Cancel

## 4- TBDY 2018 Bölüm 5

### c. Doğrusal Olmayan Hesap İçin Taşıyıcı Sistemin Modellenmesine İlişkin Kurallar

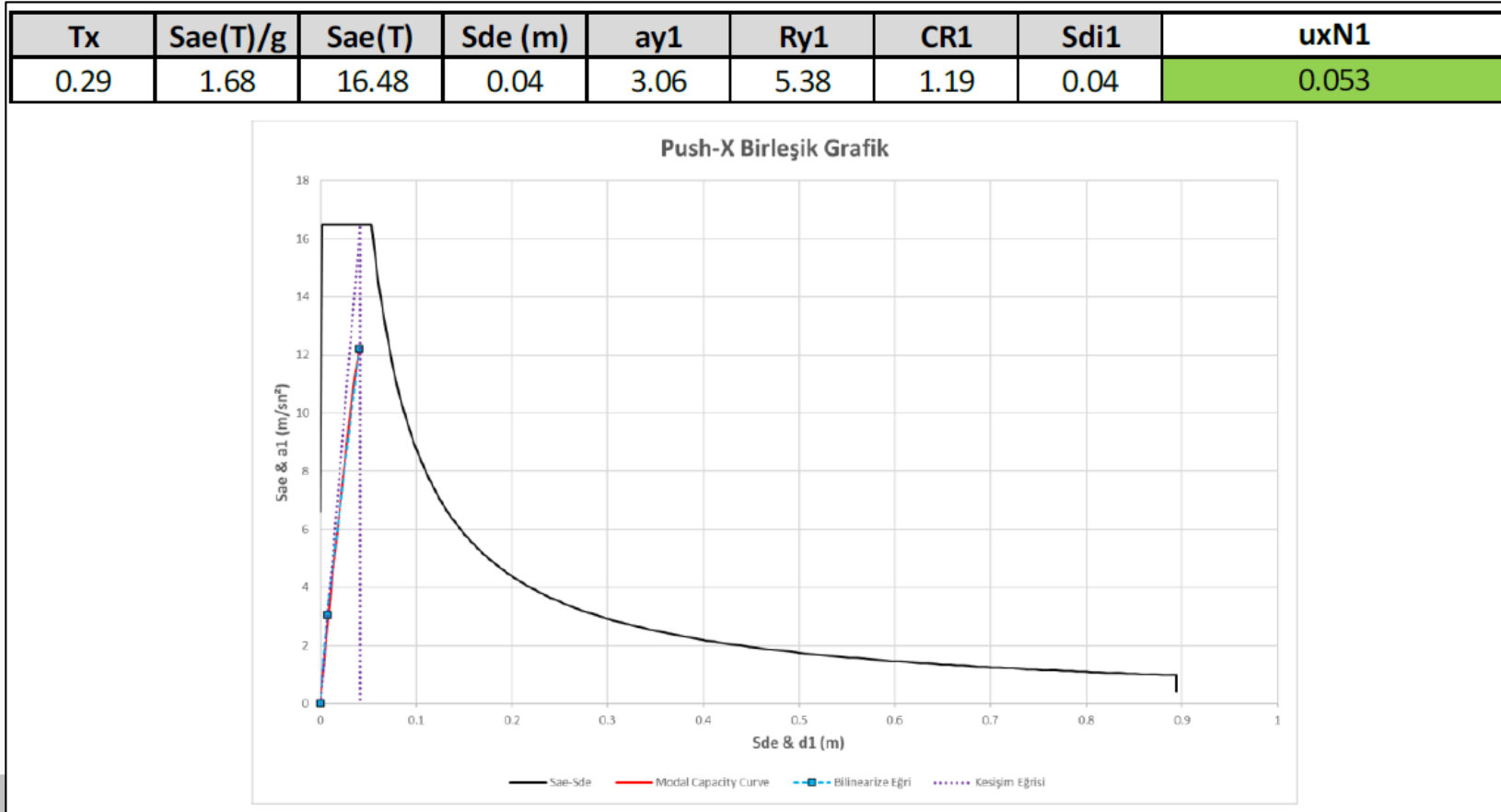
- Kiriş ve kolonlar, çubuk eleman ve üç boyutlu olarak modellenenecektir.
- Doğrusal olmayan davranış için yığılı veya yayılı plastik davranış modeli kullanılabilir.
- Uygulamada yığılı plastik mafsallık modeli kullanımı genel olarak yeterli görülür.
- Kolon ve kirişlerde elemanın baş ve sonuna (0,1L-0,9L önerilir) perdelerde orta bölgeye tanımlanır ( $L_p=0.5h$ )
- Mafsallık bölgeleri arasında kalan uzunluk boyunca elemanlar doğrusal olarak modellenir ve doğrusal kesit rijitlikleri kullanılır.
- Bölüm 13 konusuna giren yüksek yapılar haricindeki yapılarda yapılacak itme analizlerinde perdeler yığılı plastik mafsallık tanımlanabilir. (Yayılı plastik modellenmesi önerilir)
- Üst katlarda devam etmeyen bodrum perdeleri ve döşemeler doğrusal modellenebilir.

## 4- TBDY 2018 Bölüm 5

### d. Doğrusal Olmayan Sabit Tek Modlu İtme Yöntemi

#### Sabit Tek Modlu İtme Analizi ile Performans Analizi

- Doğrusal olmayan yığılı plastik mafsallı modellenmiş yapıda doğrusal olmayan tek modlu itme analizi yapılır.
- Performans eğrisi elde edilir.

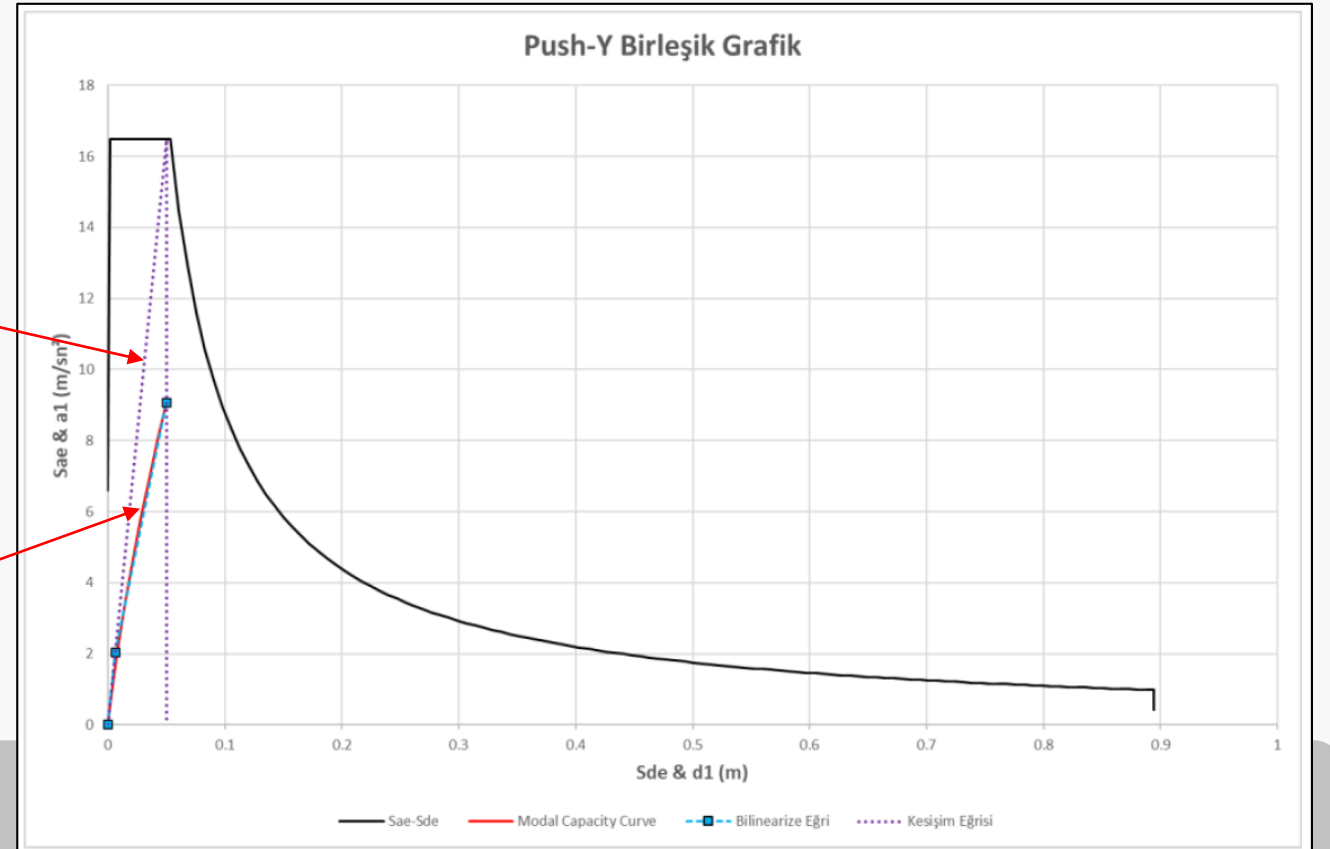
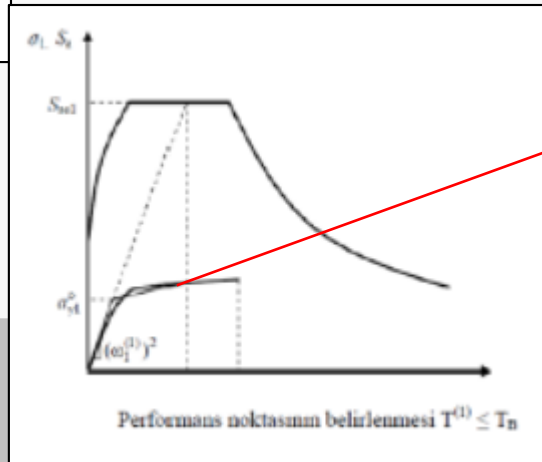
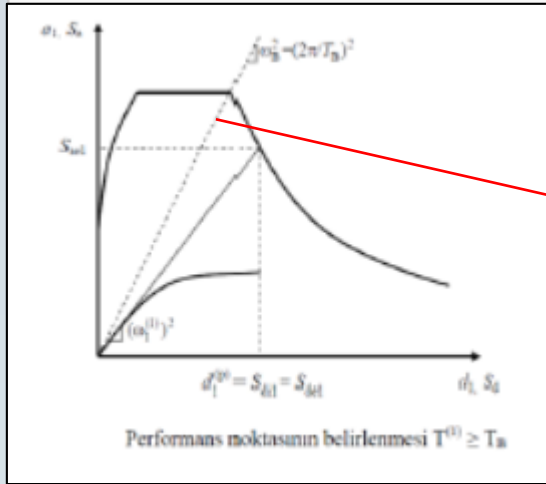


## 4- TBDY 2018 Bölüm 5

### d. Doğrusal Olmayan Sabit Tek Modlu İtme Yöntemi

#### Hedef Deplasman Hesabı

- Sabit Tek Modlu İtme Analizi ile Kapasite Diyagramı Elde Edilir.
- Kapasite diyagramı ordinatları modal sözde ivme-modal yerdeğiştirme çevrilir
- Yapı Deprem Spektrumu İle Çakıştırılarak Hedef Deplasman Hesaplanır



## 4- TBDY 2018 Bölüm 5

### d. Doğrusal Olmayan Sabit Tek Modlu İtme Yöntemi

#### Sabit Tek Modlu İtme Analizi ile Performans Analizi

- Hesaplanmış hedef deplasmana kadar itme tekrarlanır.
- Bu durumda eleman uçlarında meydana gelen maksimum dönme veya şekil değiştirmeler hesaplanır.

| KESMEYE GÖRE AZALTILMIŞ LİMİT DURUMU              |            |               |                        |                |          |          |       |
|---------------------------------------------------|------------|---------------|------------------------|----------------|----------|----------|-------|
| KESİT İÇİN BİRİM ŞEKİL DEĞİŞTİRME SONUÇLARI-BETON |            |               |                        |                |          |          |       |
| Eleman Numarası                                   | Malzeme    | -             | Birim Şekil Değiştirme | Hasar Seviyesi |          |          | Hasar |
|                                                   |            |               |                        | SH             | KH       | G        |       |
| 2                                                 | C60X60     | C60X60_2      | 0.000805               | 0.0025         | 0.004537 | 0.006049 | SH    |
| 4                                                 | C50X80-R-L | C50X80-R-L_4  | 0.00116                | 0.0025         | 0.002913 | 0.003884 | SH    |
| 5                                                 | C50X80-R-L | C50X80-R-L_5  | 0.001136               | 0.0025         | 0.002913 | 0.003884 | SH    |
| 6                                                 | C50X80-R-L | C50X80-R-L_6  | 0.001126               | 0.0025         | 0.002913 | 0.003884 | SH    |
| 7                                                 | C50X80-R-L | C50X80-R-L_7  | 0.001176               | 0.0025         | 0.002913 | 0.003884 | SH    |
| 8                                                 | C50X80     | C50X80_8      | 0.000953               | 0.0025         | 0.002913 | 0.003884 | SH    |
| 9                                                 | C50X80-R-L | C50X80-R-L_9  | 0.001156               | 0.0025         | 0.002913 | 0.003884 | SH    |
| 10                                                | C50X80-R-L | C50X80-R-L_10 | 0.001117               | 0.0025         | 0.002913 | 0.003884 | SH    |
| 11                                                | C50X80-R-L | C50X80-R-L_11 | 0.001053               | 0.0025         | 0.002913 | 0.003884 | SH    |
| 12                                                | C50X80-R-L | C50X80-R-L_12 | 0.001049               | 0.0025         | 0.002913 | 0.003884 | SH    |
| 13                                                | C60X60     | C60X60_13     | 0.000714               | 0.0025         | 0.004537 | 0.006049 | SH    |
| 36                                                | C80X60-R-L | C80X60-R-L_36 | 0.000259               | 0.0025         | 0.005045 | 0.006726 | SH    |
| 37                                                | C80X60-R-L | C80X60-R-L_37 | 0.000264               | 0.0025         | 0.005045 | 0.006726 | SH    |
| 38                                                | C80X60-R-L | C80X60-R-L_38 | 0.00094                | 0.0025         | 0.005045 | 0.006726 | SH    |
| 39                                                | C80X60-R-L | C80X60-R-L_39 | 0.000881               | 0.0025         | 0.005045 | 0.006726 | SH    |
| 40                                                | C80X60     | C80X60_40     | 0.000937               | 0.0025         | 0.005045 | 0.006726 | SH    |
| 41                                                | C80X60     | C80X60_41     | 0.00087                | 0.0025         | 0.005045 | 0.006726 | SH    |
| 46                                                | C80X60     | C80X60_46     | 0.001339               | 0.0025         | 0.005045 | 0.006726 | SH    |
| 47                                                | C80X60     | C80X60_47     | 0.001363               | 0.0025         | 0.005045 | 0.006726 | SH    |
| 48                                                | C80X60     | C80X60_48     | 0.001342               | 0.0025         | 0.005045 | 0.006726 | SH    |
| 49                                                | C80X60     | C80X60_49     | 0.00127                | 0.0025         | 0.005045 | 0.006726 | SH    |
| 50                                                | C80X60     | C80X60_50     | 0.001283               | 0.0025         | 0.005045 | 0.006726 | SH    |
| 51                                                | C80X60     | C80X60_51     | 0.001302               | 0.0025         | 0.005045 | 0.006726 | SH    |
| 52                                                | C80X60     | C80X60_52     | 0.00129                | 0.0025         | 0.005045 | 0.006726 | SH    |
| 53                                                | C80X60     | C80X60_53     | 0.001214               | 0.0025         | 0.005045 | 0.006726 | SH    |
| 54                                                | C80X60     | C80X60_54     | 0.001252               | 0.0025         | 0.005045 | 0.006726 | SH    |
| 55                                                | C80X60     | C80X60_55     | 0.001289               | 0.0025         | 0.005045 | 0.006726 | SH    |

## 4- TBDY 2018 Bölüm 5

### d. Doğrusal Olmayan Sabit Tek Modlu İtme Yöntemi

Hesaplanmış şekil değiştirme sınırları için 5. bölüme yönlendirilme var.

**15.7.1.3** – Plastik şekil değiştirmelerin meydana geldiği betonarme sünek kiriş, perde ve kolon elemanlarında, çeşitli kesit hasar sınırlarına göre izin verilen birim şekil değiştirme ve plastik dönme üst sınırları (kapasiteleri) **5.8.1.1**, **5.8.1.2**, **5.8.1.3** ve **5.8.1.4**'de tanımlanmıştır. **Denk.(5.4d)**'deki  $\rho_{sh}$  hesabında 90 derece kapalı etriyelerin %30'u hesaba dahil edilebilir.

Hasar sınırları birim uzama limiti ile veriliyor.- Sargı donatısı etkinliği -

(a) *Göçmenin Önlenmesi* performans düzeyi için beton birim kısalması:

Dikdörtgen kesitli kolon, kiriş ve perdelerde:

$$\varepsilon_c^{(GÖ)} = 0.0035 + 0.04\sqrt{\omega_{we}} \leq 0.018 \quad (5.4a)$$

(b) *Göçmenin Önlenmesi* performans düzeyi için donatı çeliği birim şekil değiştirmesi:

$$\varepsilon_s^{(GÖ)} = 0.4\varepsilon_{su} \quad (5.5)$$

Kontrollü Hasar ve Sınırlı Hasar için de benzer şekilde limitler var

## 4- TBDY 2018 Bölüm 5

### d. Doğrusal Olmayan Sabit Tek Modlu İtme Yöntemi

Hesaplanmış şekil değiştirme sınırları hesaplanır;

|                               |         |              |          |        |        |
|-------------------------------|---------|--------------|----------|--------|--------|
|                               |         |              |          |        |        |
| <b>TİP 1</b>                  |         | C60X60       | thicknes | length |        |
| s=                            | 100     |              | 0.6      | 0.6    |        |
| paspayı=                      | 25      |              |          |        |        |
| enine donatı çapı             | 10      |              |          |        |        |
| boyuna donatı çapı            | 20      |              |          |        |        |
| enine donatı kol adeti        | 4       |              |          |        |        |
| $\alpha_{se}$ =               | 0.33376 |              |          |        |        |
| $\rho_{sh}$ =                 | 0.00168 |              |          |        |        |
| $f_{yw}$ =                    | 420     | $\epsilon$   | SH       | KH     | GÖ     |
| $f_c$ =                       | 16.72   | $\epsilon_c$ | 0.0025   | 0.0045 | 0.0060 |
| $\omega_{we}$ =               | 0.01302 | $\epsilon_s$ | 0.0075   | 0.0180 | 0.0240 |
| DONATI BÜKÜM AÇISI katsayısı: | 0.3     |              |          |        |        |

**15.7.1.3** – Plastik şekildeğişimlerin meydana geldiği betonarme sünek kiriş, perde ve kolon elemanlarında, çeşitli kesit hasar sınırlarına göre izin verilen birim şekildeğişirme ve plastik dönme üst sınırları (kapasiteleri) **5.8.1.1**, **5.8.1.2**, **5.8.1.3** ve **5.8.1.4**'de tanımlanmıştır.

**Denk.(5.4d)**'deki  $\rho_{sh}$  hesabında 90 derece kapalı etriyelerin %30'u hesaba dahil edilebilir.

**5.8.1.2**'de verilen **Denk.(5.6)**'da  $L_s$ ,  $L_p$  'den küçük alınmayacaktır.

$$\epsilon_c^{(GÖ)} = 0.0035 + 0.07\sqrt{\omega_{we}} \leq 0.018 \quad (5.4b)$$

Bu bağıntılardaki ilk terim sargısız betonun (kabuk betonu) birim kışalmasına karşı gelmektedir.  $\omega_{we}$  etkin sargı donatısının mekanik donatı oranı'nı göstermektedir:

$$\omega_{we} = \alpha_{se} \rho_{sh,min} \frac{f_{ywe}}{f_{ce}} \quad (5.4c)$$

**Denk.(5.4c)**'de yer alan  $\alpha_{se}$  sargı donatısı etkinlik katsayısı'nı,  $\rho_{sh,min}$  dikdörtgen kesitte iki yatay doğrultuda hacimsel enine donatı oranının küçük olanını,  $f_{ywe}$  enine donatının ortalama (beklenen) akma dayanımını göstermektedir:

$$\alpha_{se} = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6b_o h_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2b_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_o}\right) \quad ; \quad \rho_{sh} = \frac{A_{sh}}{b_k s} \quad (5.4d)$$

**Denk.(5.4d)**'de  $A_{sh}$  ve  $\rho_{sh}$  gözönüne alınan doğrultuda enine donatının alanını ve hacimsel oranını,  $b_k$  dik doğrultudaki çekirdek boyutunu (en dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık),  $s$  enine donatı aralığını,  $b_o$  ve  $h_o$  sargı donatısı eksenlerinden ölçülen sargılı beton boyutlarını,  $a_i$  bir etriye kolu veya çiroz tarafından mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklığı göstermektedir. *Dairesel sargı donatısının etkinlik katsayısı* **Denk.(5.4e)**'de verilmiştir:

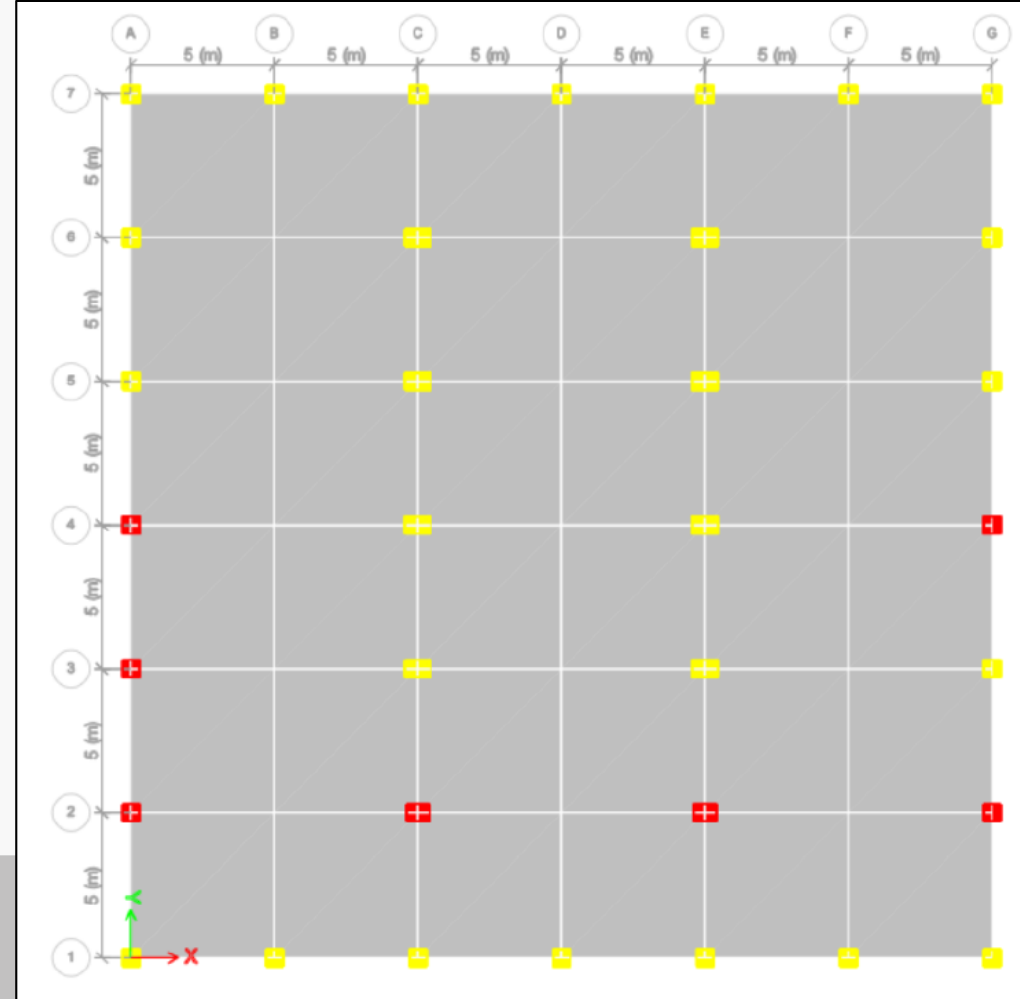
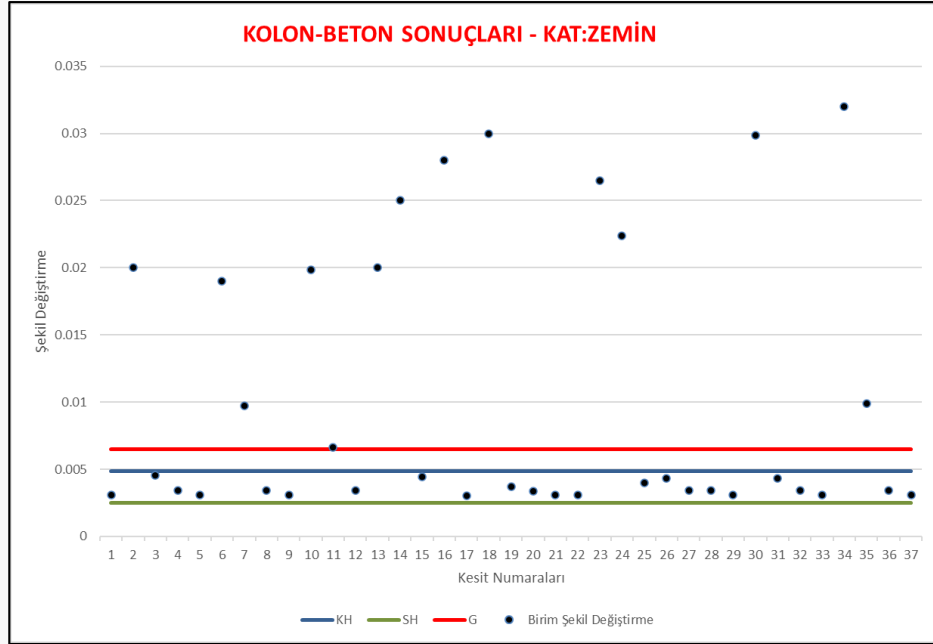
$$\alpha_{se} = \left(1 - \frac{s}{2D}\right)^n \quad ; \quad \rho_{sh} = \frac{2A_{os}}{D_s} \quad (5.4e)$$

## 4- TBDY 2018 Bölüm 5

### d. Doğrusal Olmayan Sabit Tek Modlu İtme Yöntemi

#### Sabit Tek Modlu İtme Analizi ile Performans Analizi

- Tespit edilmiş hasar sınırları içine itme analizinden elde edilen eğrilikler yerleştirilerek görsel kontrol sağlanabilir.



|  |                      |
|--|----------------------|
|  | Göçme                |
|  | Göçme Öncesi (GÖ)    |
|  | Kontrollü Hasar (KH) |
|  | Sınırlı Hasar (SH)   |

## 4- TBDY 2018 Bölüm 5

### e. Zaman Tanım Alanında Analiz

#### Deprem Data Kaydı Ölçekleme

**New Search**

Load Sample Input Values Clear Input Values

**Search**

These characteristics are defined in the NGA-West2 Flatfile. You need to re-run Search when any of these parameters are updated.

**Record Characteristics:**

RSN(s) :  RSN1...RSNn

Event Name :

Station Name :

**Search Parameters:**

Fault Type :

Magnitude :

min,max

RJB(km) :

min,max

Rrup(km) :

min,max

Vs30(m/s) :

min,max

D5-95(sec) :

**Suite**

Spectral Ordinate :

Damping Ratio :

Suite Average :

**Scaling**

Scaling Method :

**Define Time History Functions**

Functions

- BOLU-FN-unscaled.xls
- Bolu\_FN\_Scaled
- RampTH
- UnifTH

Choose Function Type to Add

Sine

Click to:

Add New Function...

Modify/Show Function...

Delete Function

Click to:

View Response Spectrum ...

OK Cancel

**Define Time History Functions**

Functions

- BOLU-FN-unscaled.xls
- Bolu\_FN\_Scaled
- RampTH
- UnifTH

Choose Function Type to Add

Matched to Response Spectrum

Click to:

Add New Function...

Modify/Show Function...

Delete Function

Click to:

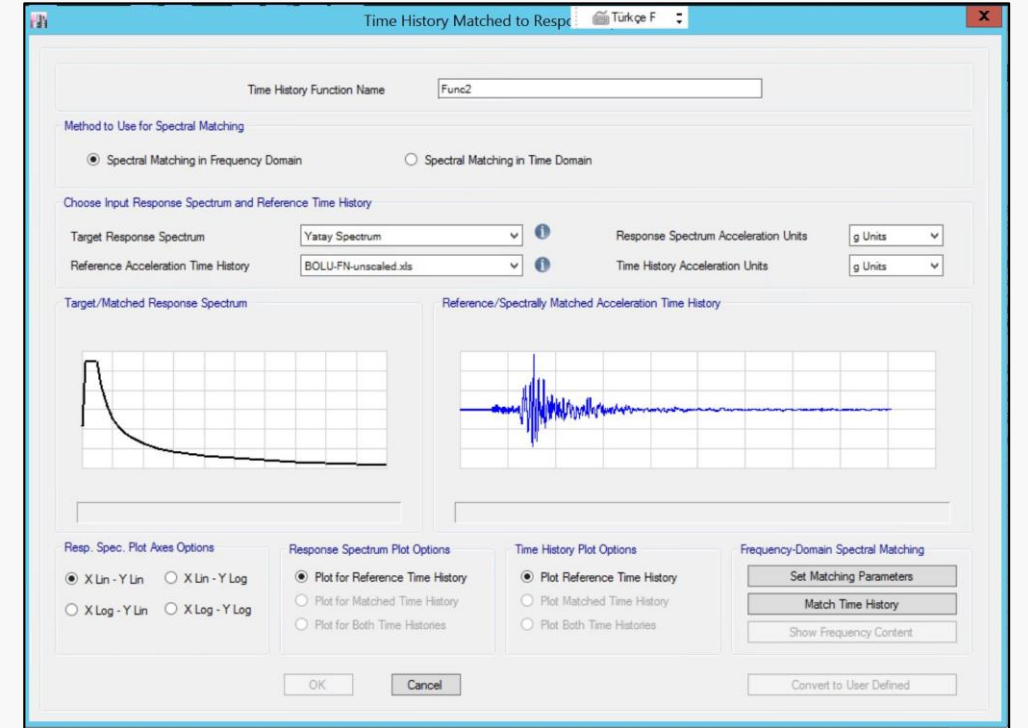
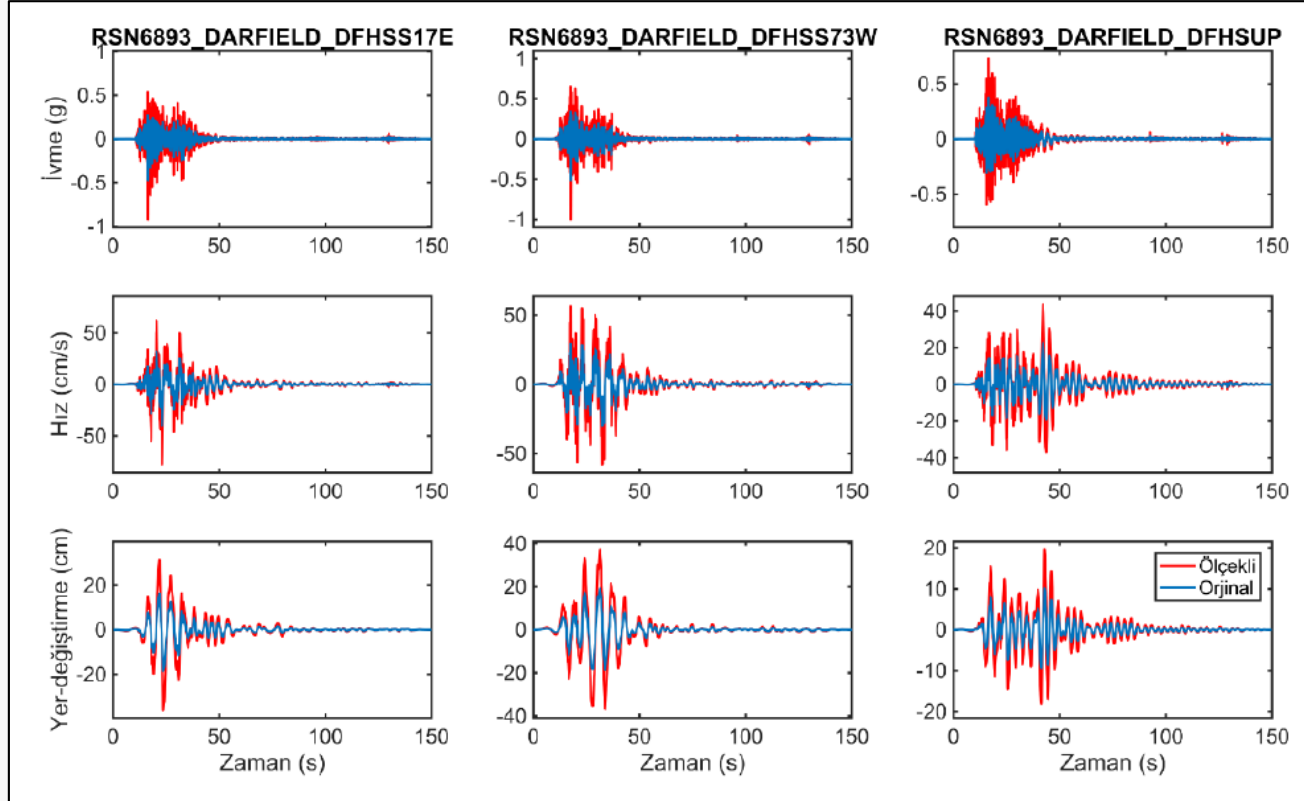
View Response Spectrum ...

OK Cancel

# 4- TBDY 2018 Bölüm 5

## e. Zaman Tanım Alanında Analiz

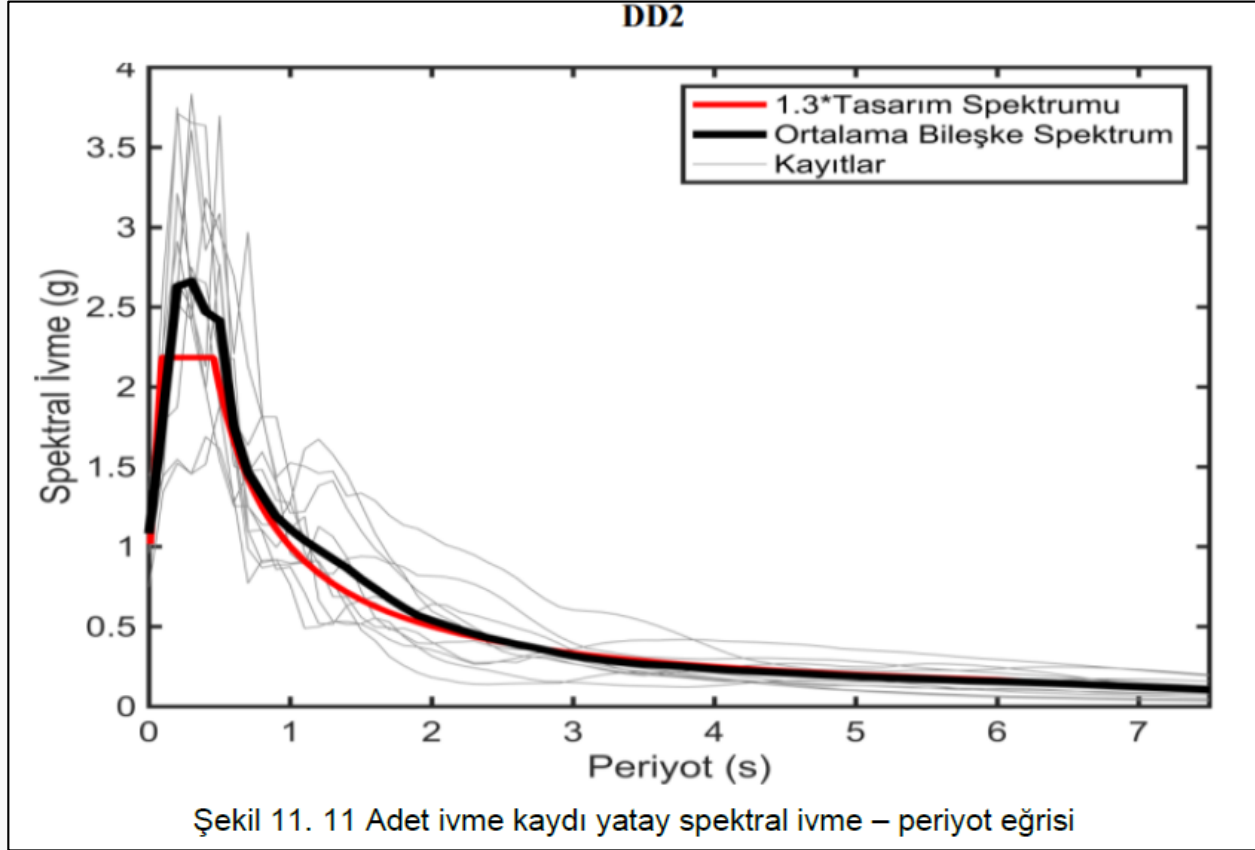
### Deprem Data Kaydı Ölçekleme



## 4- TBDY 2018 Bölüm 5

### e. Zaman Tanım Alanında Analiz

#### Deprem Data Kaydı Ölçekleme



Time History Matched to Response Spectrum

Time History Function Name:

Method to Use for Spectral Matching:  
☒ Spectral Matching in Frequency Domain ☐ Spectral Matching in Time Domain

Choose Input Response Spectrum and Reference Time History:  
Target Response Spectrum:  Response Spectrum Acceleration Units:   
Reference Acceleration Time History:  Time History Acceleration Units:

Target/Matched Response Spectrum:

Reference/Spectrally Matched Acceleration Time History:

Resp. Spec. Plot Axes Options:  
☒ X Lin - Y Lin ☐ X Lin - Y Log  
☐ X Log - Y Lin ☐ X Log - Y Log

Response Spectrum Plot Options:  
☐ Plot for Reference Time History  
☐ Plot for Matched Time History  
☒ Plot for Both Time Histories

Time History Plot Options:  
☐ Plot Reference Time History  
☐ Plot Matched Time History  
☒ Plot Both Time Histories

Frequency-Domain Spectral Matching:

## 4- TBDY 2018 Bölüm 5

### e. Zaman Tanım Alanında Analiz

#### TH Load Case Tanımlama

| RSN  | Deprem                 | Yıl  | İstasyon                      | Magnitüd | Mekanizma        | Rjb (km) | Rrup (km) | Vs30 (m/s) | Ölçek katsayısı | Tu (s) |
|------|------------------------|------|-------------------------------|----------|------------------|----------|-----------|------------|-----------------|--------|
| 549  | "Chalfant Valley-02"   | 1986 | "Bishop - LADWP South St"     | 6.19     | Yanal atımlı fay | 14       | 17        | 303        | 3.548           | 8      |
| 848  | "Landers"              | 1992 | "Coolwater"                   | 7.28     |                  | 20       | 20        | 353        | 2.302           | 10     |
| 1161 | "Kocaeli Turkey"       | 1999 | "Gebze"                       | 7.51     |                  | 8        | 11        | 792        | 2.508           | 10     |
| 1633 | "Manjil Iran"          | 1990 | "Abbar"                       | 7.37     |                  | 13       | 13        | 724        | 1.351           | 8      |
| 1787 | "Hector Mine"          | 1999 | "Hector"                      | 7.13     |                  | 10       | 12        | 726        | 2.500           | 27     |
| 2734 | "Chi-Chi Taiwan-04"    | 1999 | "CHY074"                      | 6.20     |                  | 6        | 6         | 553        | 2.069           | 13     |
| 4071 | "Parkfield-02_CA"      | 2004 | "Parkfield - Middle Mountain" | 6.00     |                  | 1        | 3         | 398        | 3.211           | 8      |
| 6893 | "Darfield New Zealand" | 2010 | "DFHS"                        | 7.00     |                  | 12       | 12        | 344        | 1.947           | 6      |
| 6906 | "Darfield New Zealand" | 2010 | "GDLC"                        | 7.00     |                  | 1        | 1         | 344        | 0.919           | 16     |
| 6911 | "Darfield New Zealand" | 2010 | "HORC"                        | 7.00     |                  | 7        | 7         | 326        | 1.547           | 8      |
| 8164 | "Duzce Turkey"         | 1999 | "IRIGM 487"                   | 7.14     |                  | 3        | 3         | 690        | 2.785           |        |

Load Case Data

General

Load Case Name

LCase1

Design...

Load Case Type/Subtype

Time History

Nonlinear Direct Integration

Notes...

Exclude Objects in this Group

Not Applicable

Mass Source

MsSrc1

Initial Conditions

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☒ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case

NL(G+nQ)

Loads Applied

| Load Type    | Load Name | Function       | Scale Factor |
|--------------|-----------|----------------|--------------|
| Acceleration | U1        | Bolu_FN_Scaled | 1            |

Add

Delete

☐ Advanced

Other Parameters

Geometric Nonlinearity Option

P-Delta

Number of Output Time Steps

5400

Output Time Step Size

0.01

sec

Damping

Mass: 0; Stiff: 0; Modal: No

Modify/Show...

Time Integration

Hilber-Hughes-Taylor

Modify/Show...

Nonlinear Parameters

Default

Modify/Show...

OK

Cancel

## 4- TBDY 2018 Bölüm 5

### e. Zaman Tanım Alanında Analiz

#### TH Run Ayarlama

Set Load Cases to Run

| Case     | Type                           | Status       | Action     |
|----------|--------------------------------|--------------|------------|
| SPECY    | Response Spectrum              | Not Run      | Do not Run |
| NL(G+nQ) | Nonlinear Static               | Finished     | Run        |
| PUSH X   | Nonlinear Static               | Not Run      | Do not Run |
| PUSH Y   | Nonlinear Static               | Not Run      | Do not Run |
| EQX      | Linear Static                  | Not Run      | Do not Run |
| EQY      | Linear Static                  | Not Run      | Do not Run |
| LCase1   | Nonlinear Direct Integratio... | Not Finished | Run        |

Click to:

Run/Do Not Run Case

Delete Results for Case

Run/Do Not Run All

Delete All Results

Show Load Case Tree...

Analysis Monitor Options

☐ Always Show

☒ Never Show

☐ Show After  seconds

Diaphragm Centers of Rigidity

☐ Calculate Diaphragm Centers of Rigidity

Tabular Output

☐ Automatically save tables to Microsoft Access or XML after run completes

Filename: D:\PAYLASIM\SUAT\Kayseri Telekom\türk telekom-mevcut.mdb

Table Set: None Add New...

Run Now

OK Cancel

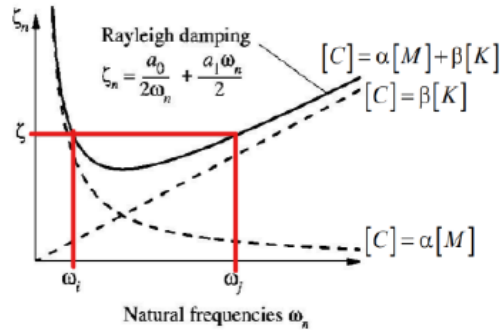
## 4- TBDY 2018 Bölüm 5

### e. Zaman Tanım Alanında Analiz Sönüm

- Sönüm**

Zaman tanım alanı analizinde kullanılan "Direct Integration" çözüm yönteminde sönüm oranları yapının kütle katılımının büyük bir bölümünü oluşturan uzun periyotların belli bir sönüm değerinin altında kalmasını sağlayan kütle ve rijitlik orantılı "Rayleigh Damping" sönüm oranları kullanılmıştır. Rayleigh sönüm oranlarında verilen "C" sönüm matrisi kütle ve rijitliklerin her bir periyot değerinde katılımlarını  $\alpha$  ve  $\beta$  katsayıları ile verir

Damping Orthogonality



Damping Orthogonality

Rayleigh damping is defined as a combination of [M] and [K] matrices as follows:

$$[C] = \alpha[M] + \beta[K]$$

We are using [K] and [M] matrices to diagonalize the [C] matrix and we can now define two damping ratios. This is quite beneficial in direct integration approach simply because the response is due to the two dominant modes most of the time.

$$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1/\omega_i & \omega_i \\ 1/\omega_j & \omega_j \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \alpha \\ \beta \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \zeta_i \\ \zeta_j \end{Bmatrix} \Rightarrow \begin{Bmatrix} \alpha \\ \beta \end{Bmatrix} = 2 \begin{bmatrix} 1/\omega_i & \omega_i \\ 1/\omega_j & \omega_j \end{bmatrix}^{-1} \begin{Bmatrix} \zeta_i \\ \zeta_j \end{Bmatrix}$$

If both modes are assumed to have the same damping ratio, then we get:

$$\alpha = \zeta \frac{2\omega_i\omega_j}{\omega_i + \omega_j}$$

$$\beta = \zeta \frac{2}{\omega_i + \omega_j}$$

Direct Integration Damping

Modal Load Case

Viscous Proportional Damping

Mass Proportional Coefficient

Stiffness Proportional Coefficient

☐ Direct Specification

☒ Specify Damping by Period

☐ Specify Damping by Frequency

☐ Specify as Period Ratio, T/T\_mode, for This Mode

|        | Period    | Frequency | Damping |
|--------|-----------|-----------|---------|
| First  | 0,329 sec | cyc/sec   | 0,04    |
| Second | 0,314 sec | cyc/sec   | 0,04    |

Recalculate Coefficients

Additional Modal Damping

☐ Include Additional Modal Damping

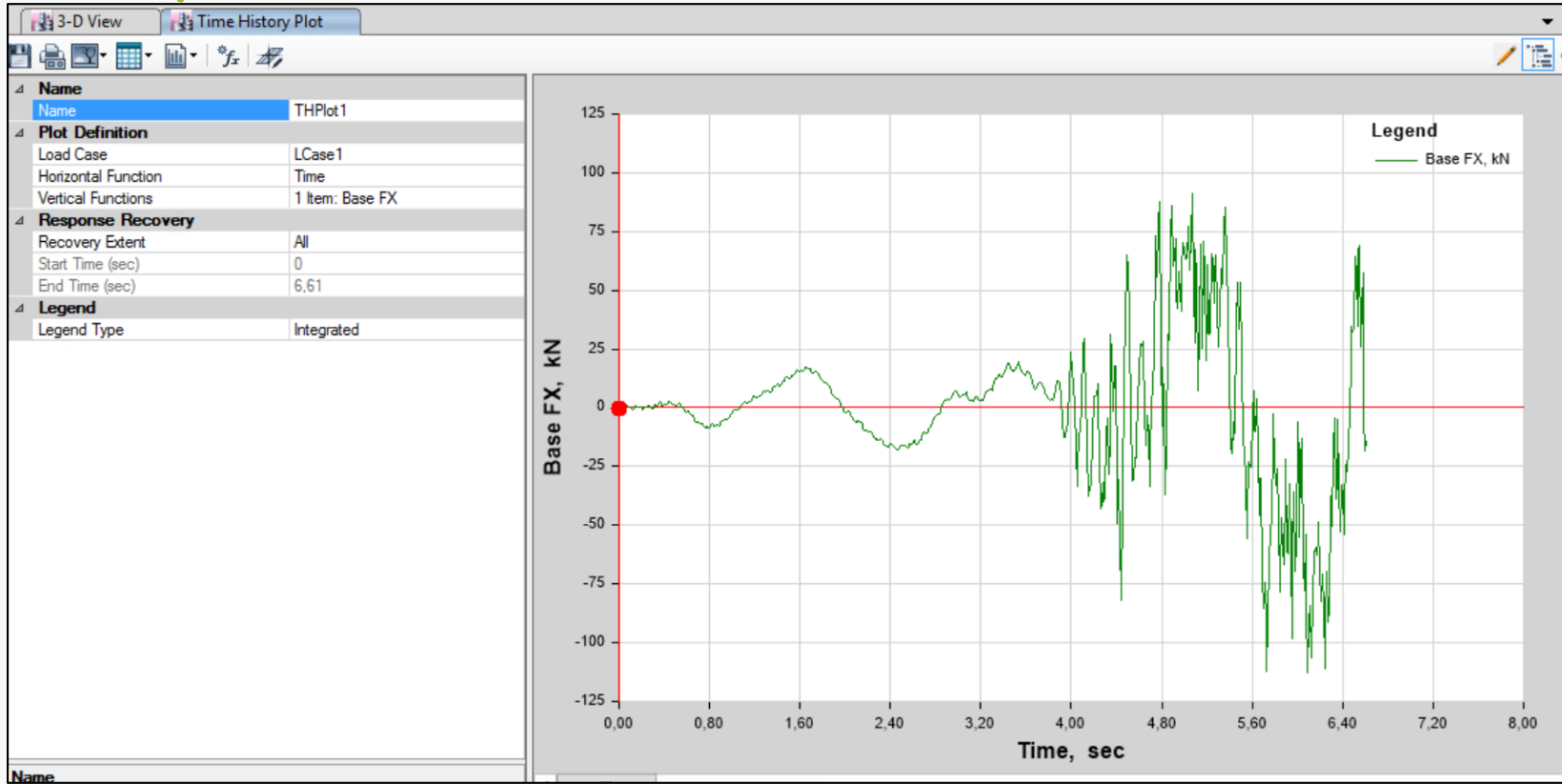
☐ Maximum Considered Modal Frequency

Sönüm=%4

## 4- TBDY 2018 Bölüm 5

### e. Zaman Tanım Alanında Analiz

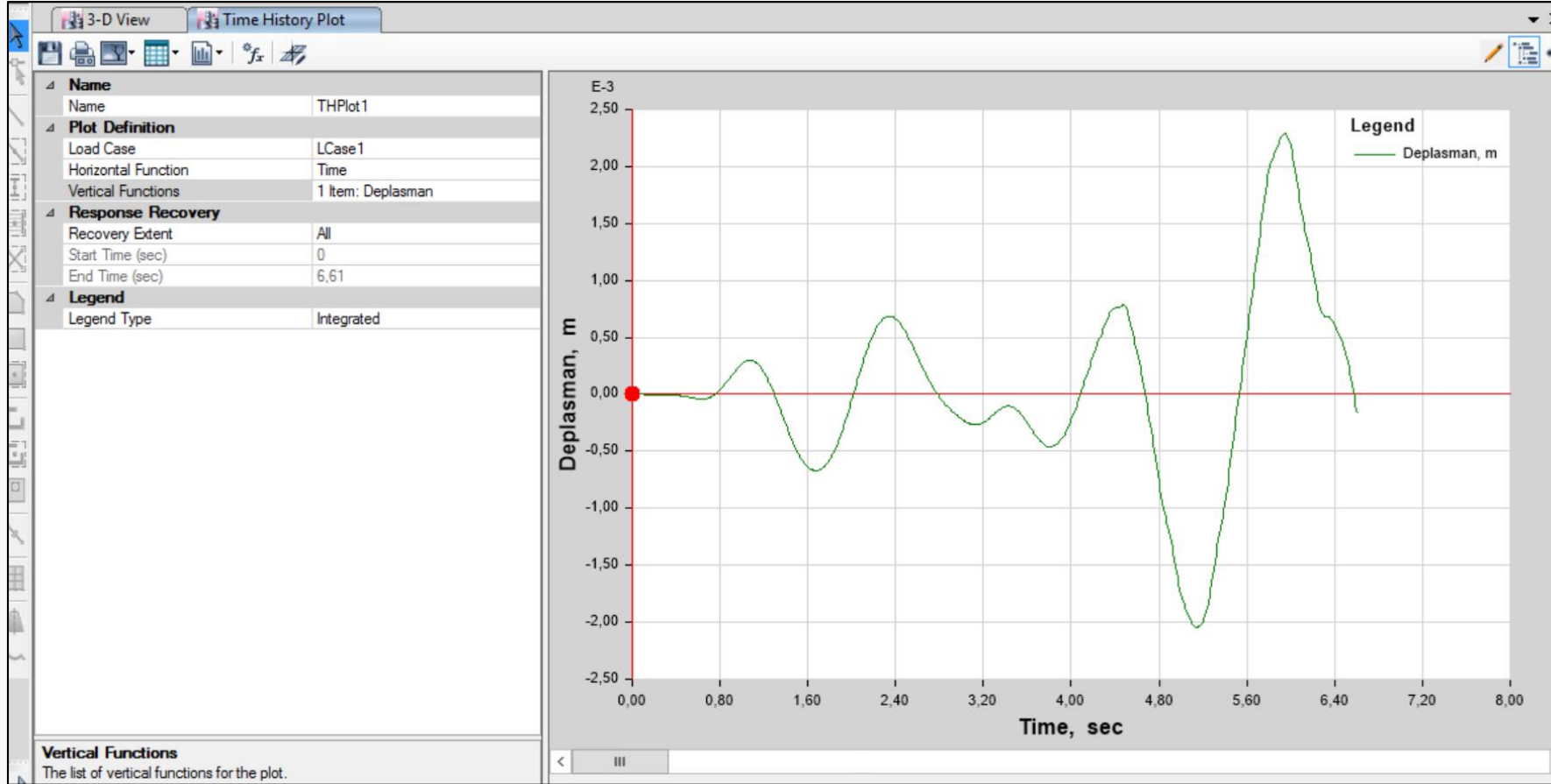
#### TH Sonuçları İzleme- Taban Kesme Kuvveti- Zaman



## 4- TBDY 2018 Bölüm 5

### e. Zaman Tanım Alanında Analiz

#### TH Sonuçları İzleme- Tepe Deplasman- Zaman



[www.yildirimeng.com.tr](http://www.yildirimeng.com.tr)

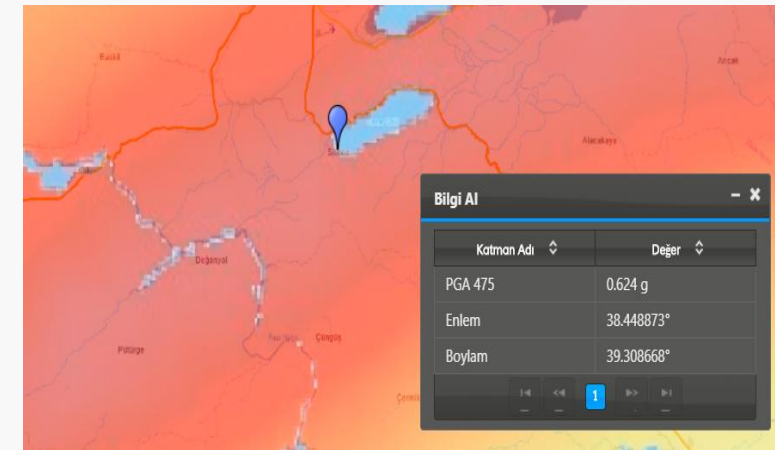
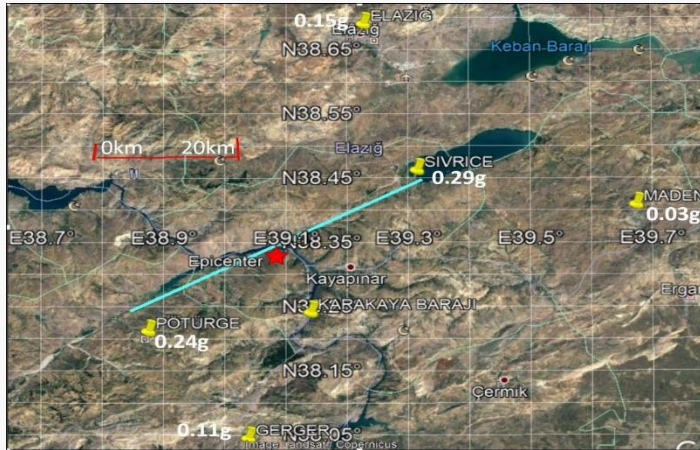
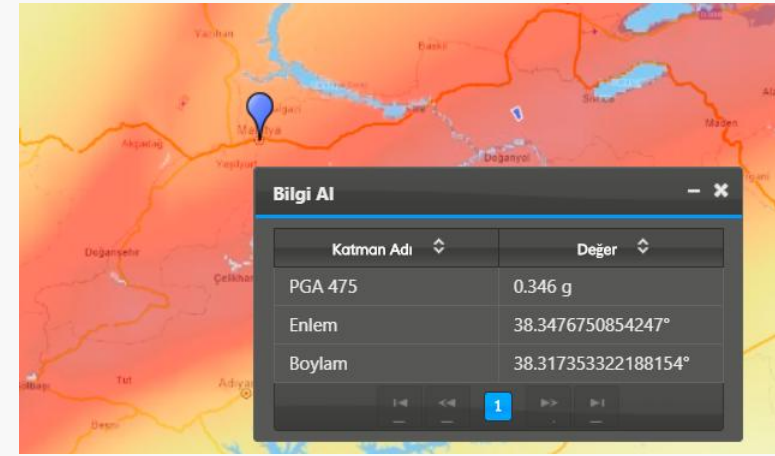
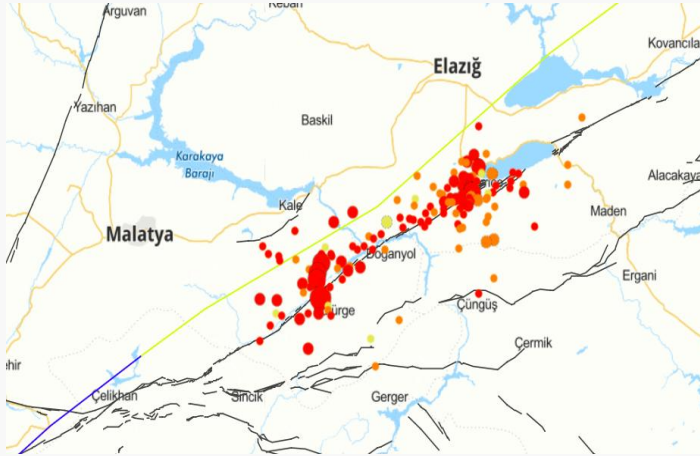
# GÜÇLENDİRME

**Suat YILDIRIM**  
*İnşaat Yüksek Mühendisi*  
*ODTÜ 1989*

# Güçlendirme

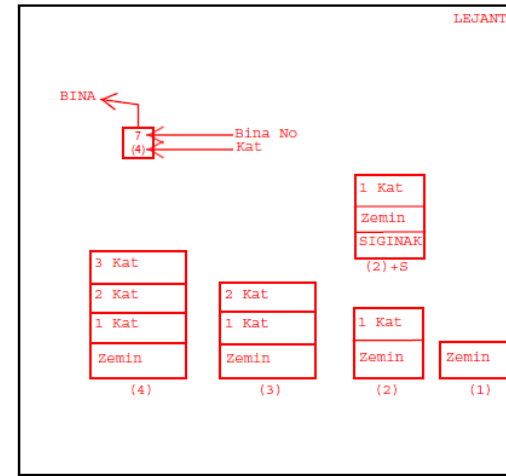
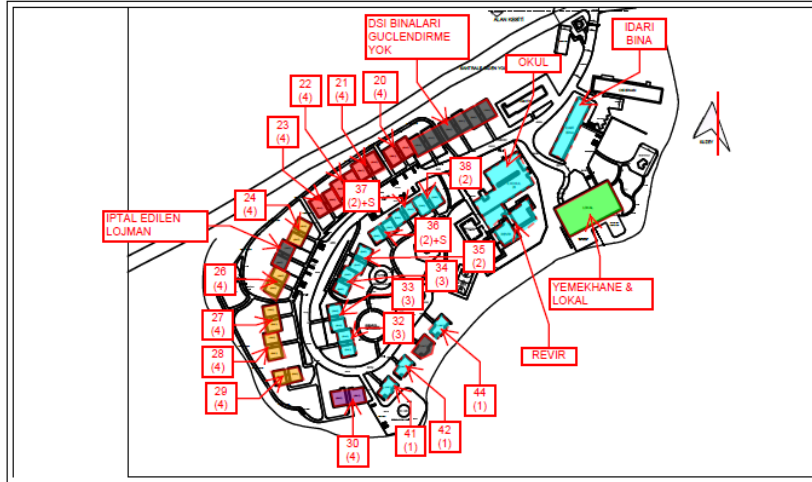
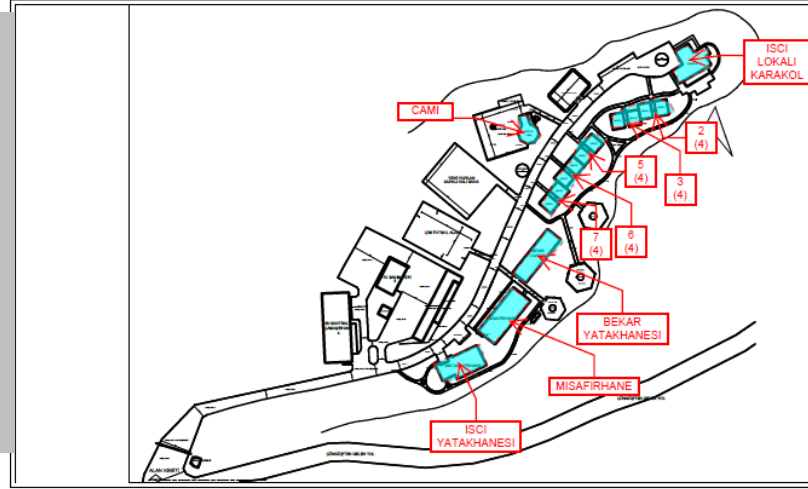
- Güçlendirme İşe Yarıyor mu?
- Güçlendirmede Klasik ve Yeni Yöntemlerin Temel Farkları
- Çelik Uzay Çatı Ardgerme Yöntemi ile Güçlendirilmesi Örneği
- Sönümleme Yaklaşımı
- Sönümleyici Tipleri
- Dünyada Sönümleyici Kullanımı
- Türkiye’de Sönümleyici Kullanımı, Gelişimi
- Betonarme ve Prefabrik Yapılarda Sönümleyici Kullanımı
- Türkiye’den Uygulama Örnekleri

# Güçlendirme İşe Yarıyor mu – Elazığ Depremi



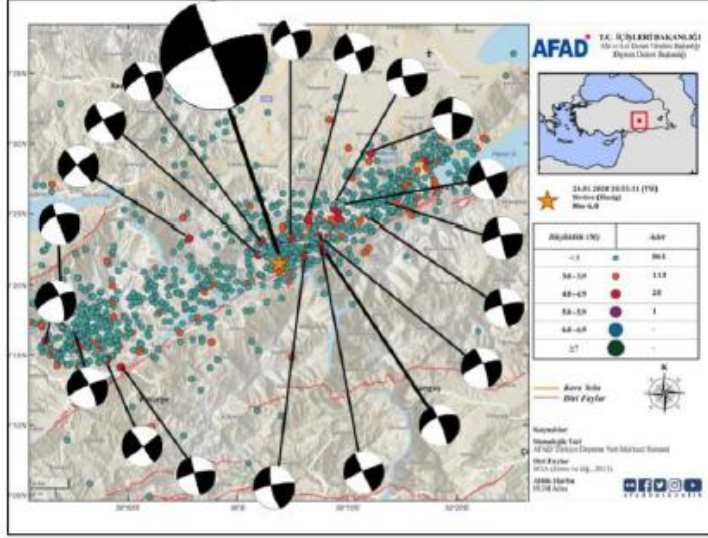
# Güçlendirme İşe Yarıyor mu – Elazığ Depremi

Sosyal Tesis Kampüsü  
2011-2015 arası  
güçlendirilmiş 35 adet  
yapı



# Güçlendirme İşe Yarıyor mu – Elazığ Depremi

## SIVRICE (ELAZIG) 24.01.2020 DEPREMI HAKKINDA



### 24.01.20 Sivrice Depremi ve Artçı Şok Aktivitesi (AFAD)

| İstasyon |          |         |         |         | Ölçülen İvme Değerleri (gal) |        |        | Uzaklık $R_{epi}$ |
|----------|----------|---------|---------|---------|------------------------------|--------|--------|-------------------|
| Kodu     | İl       | İlçe    | Enlem   | Boylam  | K-G                          | D-B    | Düşey  | (km)              |
| 2308     | Elazığ   | Sivrice | 38.4506 | 39.3102 | 237.99                       | 292.77 | 190.09 | 24                |
| 4404     | Malatya  | Pötürge | 38.1959 | 38.8738 | 206.91                       | 239.24 | 153.87 | 25                |
| 0204     | Adıyaman | Gerger  | 38.0290 | 39.0347 | 94.03                        | 110.11 | 60.75  | 37                |
| 2301     | Elazığ   | Merkez  | 38.6704 | 39.1927 | 119.28                       | 140.73 | 66.31  | 36                |
| 2302     | Elazığ   | Maden   | 38.3923 | 39.6754 | 26.29                        | 33.97  | 22.78  | 53                |

### Karakaya HES İşletme Müdürlüğü'nün Deprem Merkezine Uzaklığı

### En Yakın 5 İvmeölçer İstasyonundan Alınan İvme Değerleri

## Güçlendirme İşe Yarıyor mu – Elazığ Depremi

- Tesisin olduğu bölgede deprem kaynaklı oluşan yer ivmesinin ne kadar olduğunu tam olarak bilinmiyor.
- Yapıların faya uzaklığı ve Pötürge İstasyonu dikkate alındığında benzer şekilde 0.25g (250 gal) mertebesinde ivme olduğu tahmin edilmektedir.
- Binaların güçlendirildiği yılda geçerli olan deprem tehlike haritasına göre bölge 1. derece deprem bölgesidir. Yani Lojman Binalarının güçlendirme tasarımı 0.40g (400gal) bir yer ivmesi için yapılmıştır. Önem katsayısı daha yüksek olan okul binalarının güçlendirme tasarımı ise 0.60g (600 gal) büyüklüğünde bir yer ivmesi için yapılmıştır.
- Yani gerçekleşen Sivrice Depremindeki yeri ivmesi, tahminen Lojman binaları için tasarım değerinin % 62'si, okul binaları için ise % 42'si mertebelerindedir.

# Güçlendirme İşe Yarıyor mu – Elazığ Depremi



GÜÇLENDİRİLMEMİŞ DSİ ye ait lojman Yan Cephe



GÜÇLENDİRİLMİŞ ve GÜÇLENDİRİLMEMİŞ lojmanlar yan yana



GÜÇLENDİRİLMEMİŞ Lojman Merdiven Hali



GÜÇLENDİRİLMİŞ Lojman Merdiven Hali



## Güçlendirme İşe Yarıyor mu – Elazığ Depremi



## Güçlendirme İşe Yarıyor mu – Elazığ Depremi



## Güçlendirme İşe Yarıyor mu – Elazığ Depremi



## Güçlendirme İşe Yarıyor mu – Elazığ Depremi



## Güçlendirme İşe Yarıyor mu – Elazığ Depremi



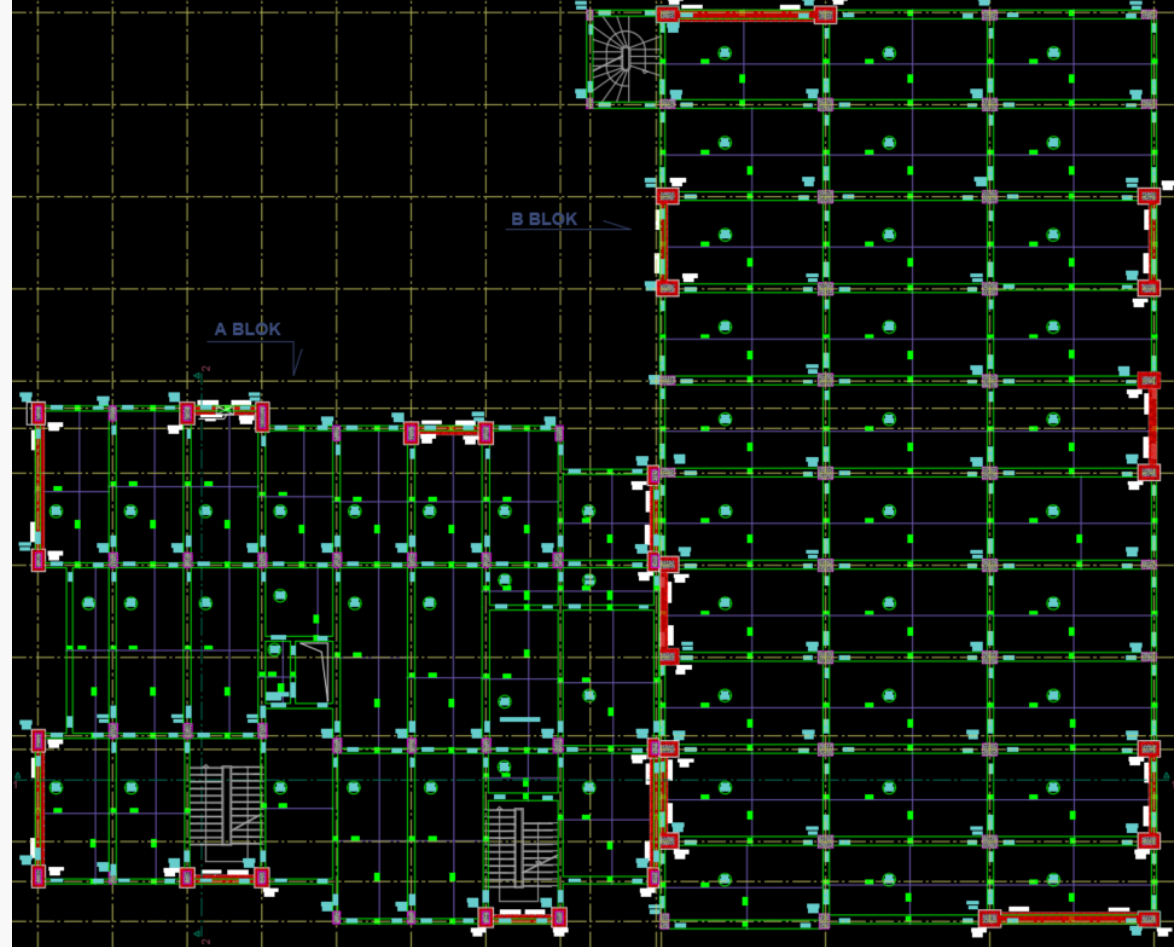
## Güçlendirme İşe Yarıyor mu – Elazığ Depremi



## Güçlendirme İşe Yarıyor mu – Elazığ Depremi



# Güçlendirme İşe Yarıyor mu – İskenderun TT Binası



Güçlendirilmiş  
Tipik Kat Planı

## Güçlendirme İşe Yarıyor mu – İskenderun TT Binası



Güçlendirilmiş Yapı  
– Deprem Sonrası

## Güçlendirme İşe Yarıyor mu – İskenderun TT Binası



Güçlendirilmiş Yapı  
– Deprem Sonrası

## Güçlendirme İşe Yarıyor mu – İskenderun TT Binası



Güçlendirilmiş Yapı  
– Deprem Sonrası

## Güçlendirme İşe Yarıyor mu – İskenderun TT Binası



Güçlendirilmiş Yapı  
– Deprem Sonrası

# Güçlendirme Yöntemleri - Klasik Yöntemler – Yenilikçi Yöntemler

## Klasik Yöntem:

Etki < Kapasite  ( Temel Prensi: Yapı / Eleman Kapasitelerini Yükseltmek )

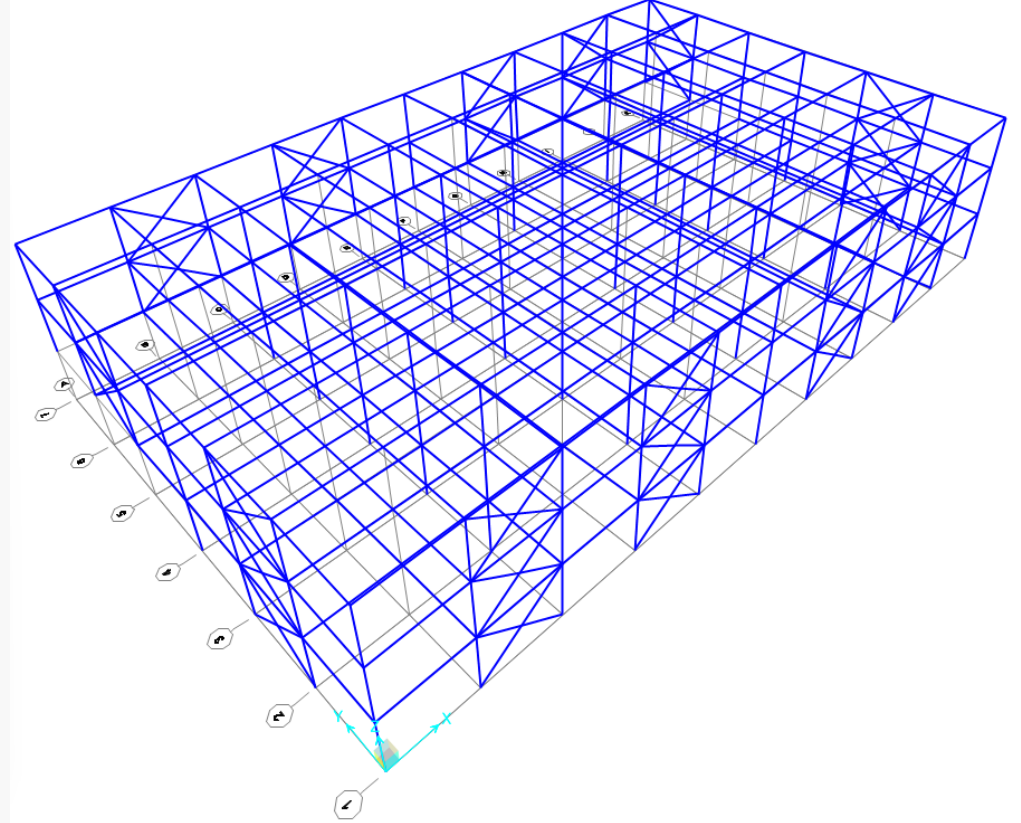
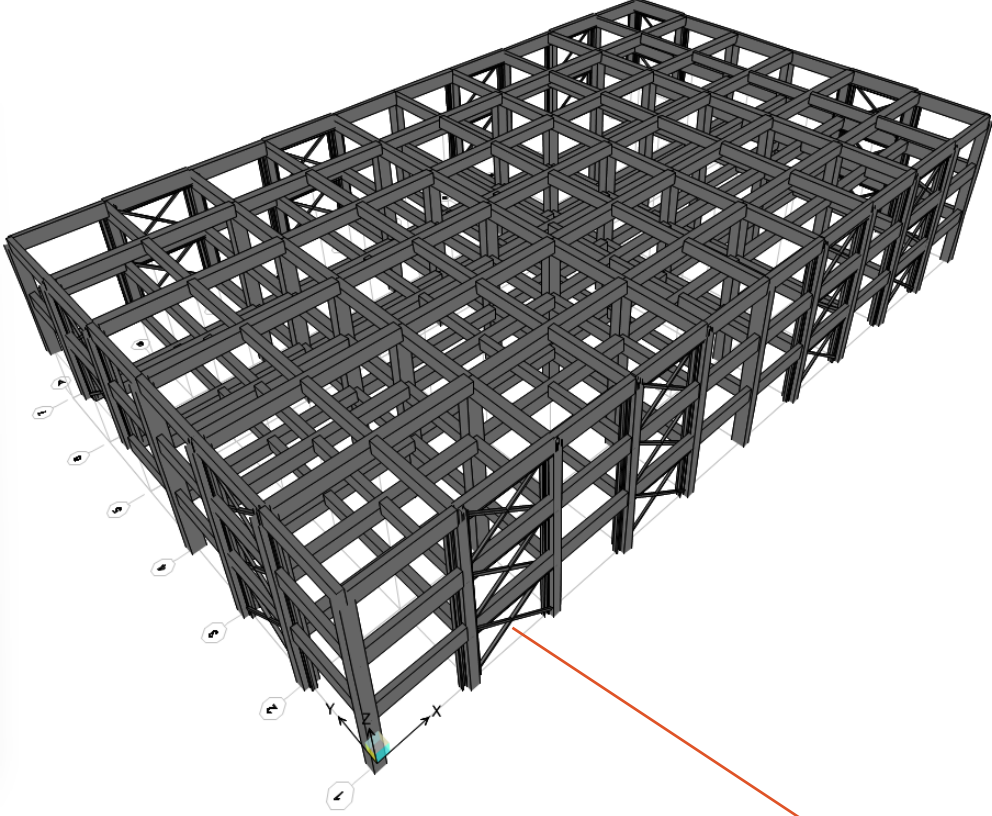
- Yapı Eleman Kapasitesi ve Kesitlerinin Artırılması  
Kesitlerin büyütülmesi, Betonarme, çelik manto  
FRP sargı veya FRP levha ekleme, çelik elemanlar ekleme  
Yeni Takviye perdeleri veya kolonları vb. Eleman ekleme  
Vb...

## Etki Azaltma Yöntemi:

 Etki < Kapasite (Temel Prensi: Etki yi azaltmak)

- Enerji Sönümlleme /İndirgeme  
Yapı İçi Enerji Sönümleyiciler  
Taban İzolasyonu  
Ayarlı Kütle sönümleyiciler  
Kütle Azaltma  
Ardgerme  
Vb...

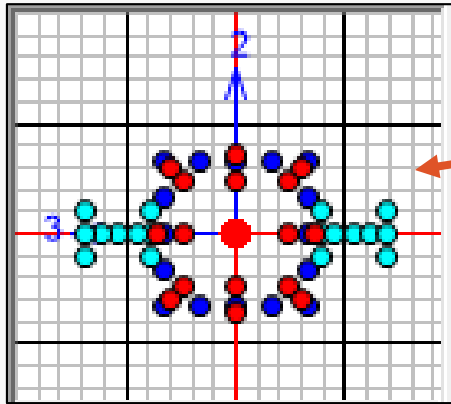
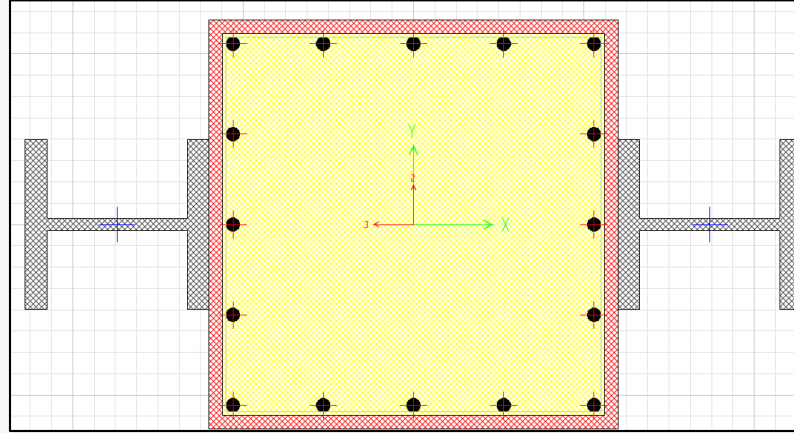
## Klasik Güçlendirme – Çelik Çapraz



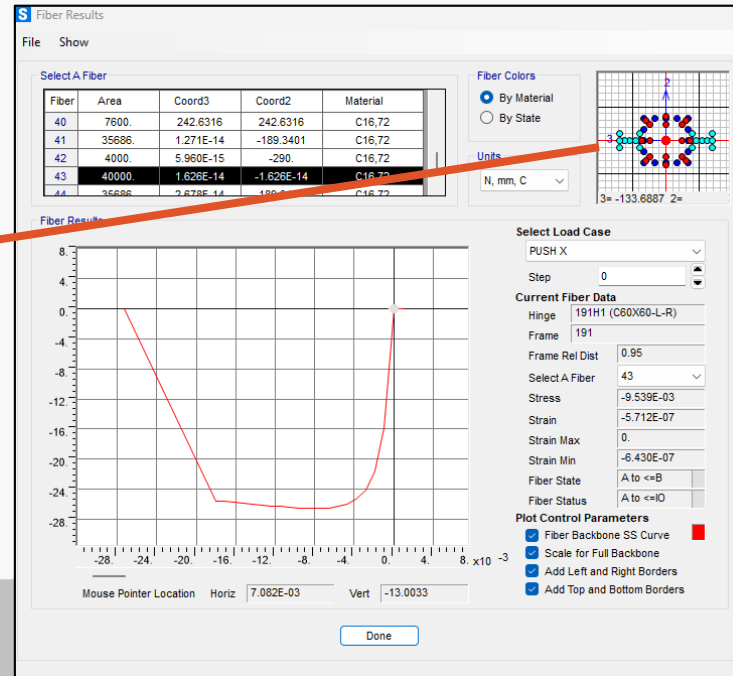
Çelik Çapraz Eklenmesi

# Klasik Güçlendirme – Çelik Çapraz

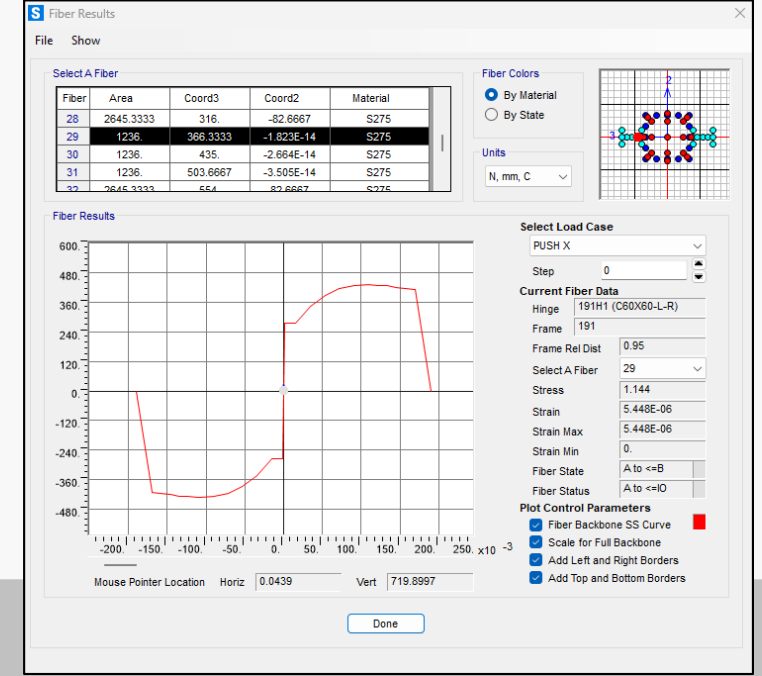
Kesit Tanımlaması



Kesitte oluşmuş fiberler

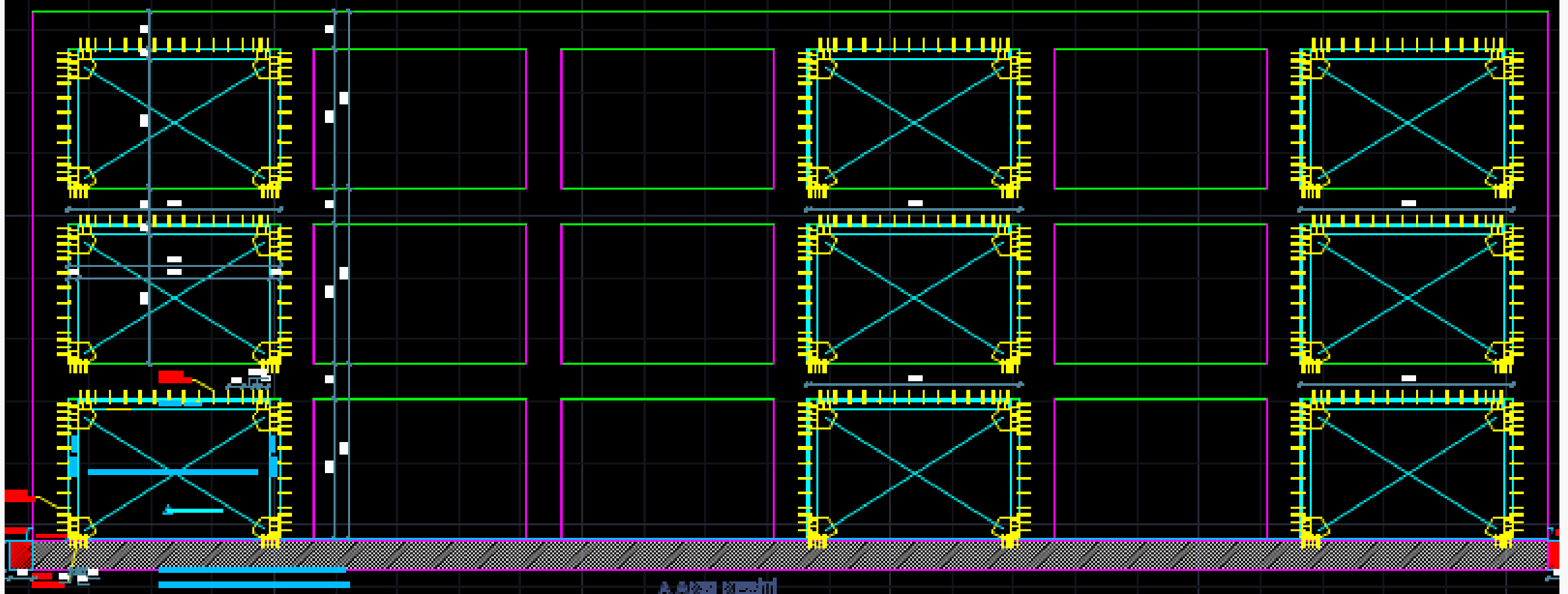


Analiz Fiber Sonucu - Beton

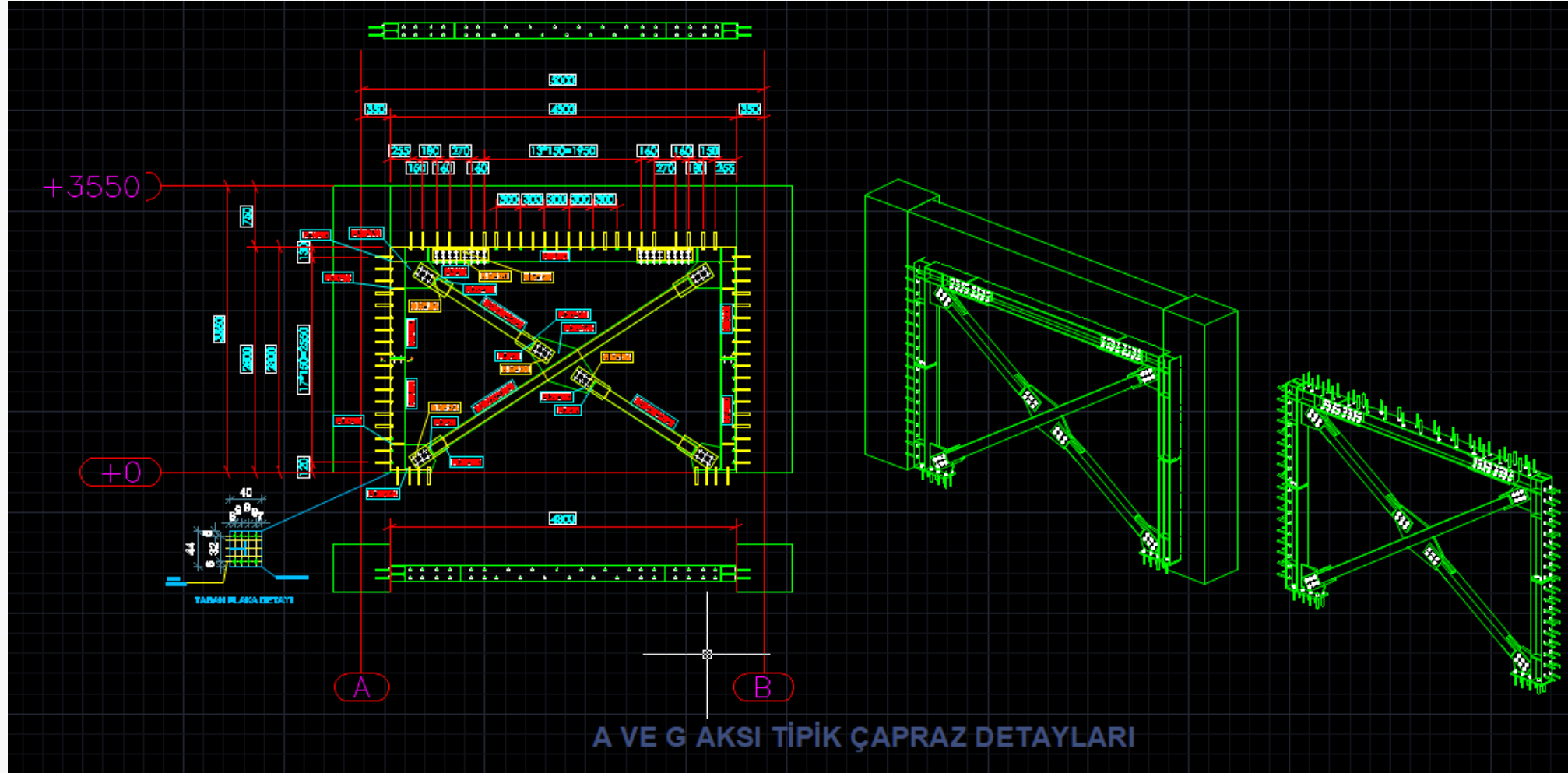


Analiz Fiber Sonucu - Çelik

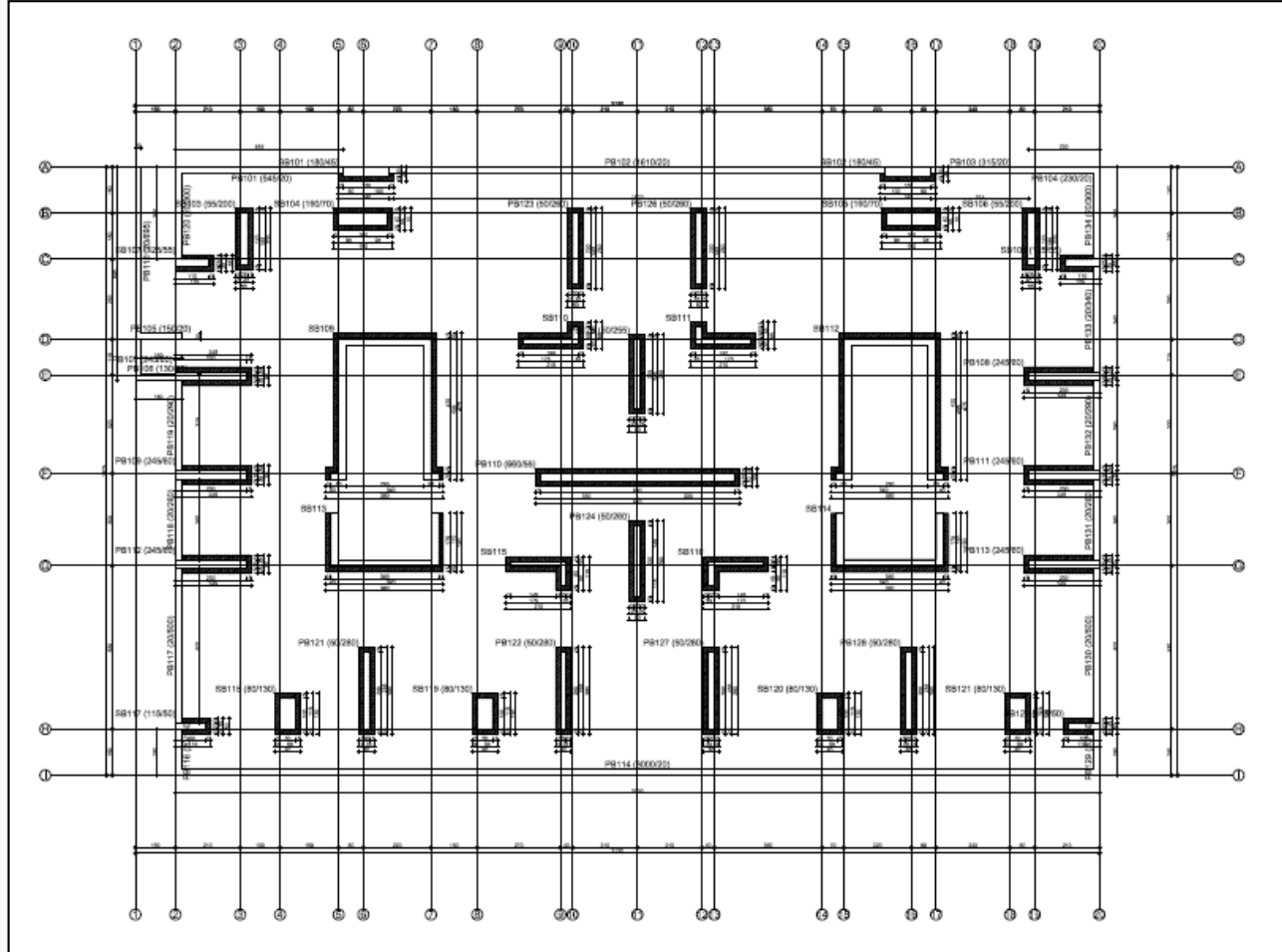
## Klasik Güçlendirme – Çelik Çapraz



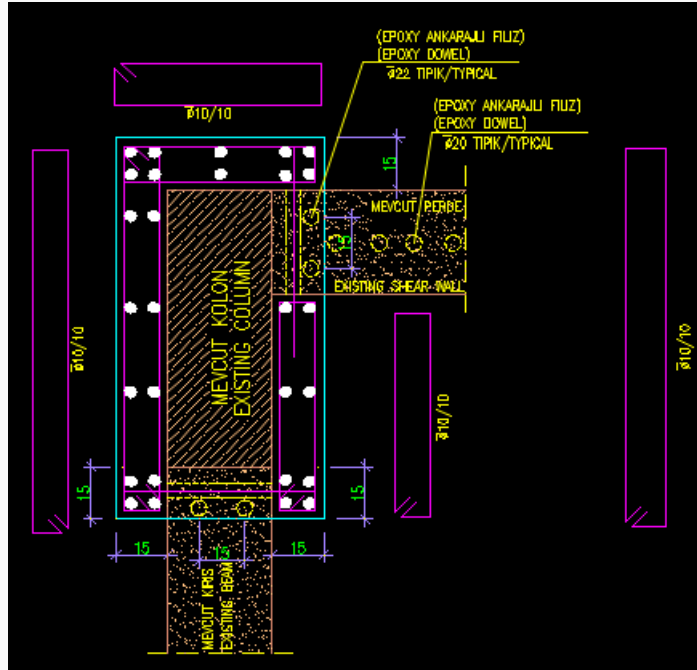
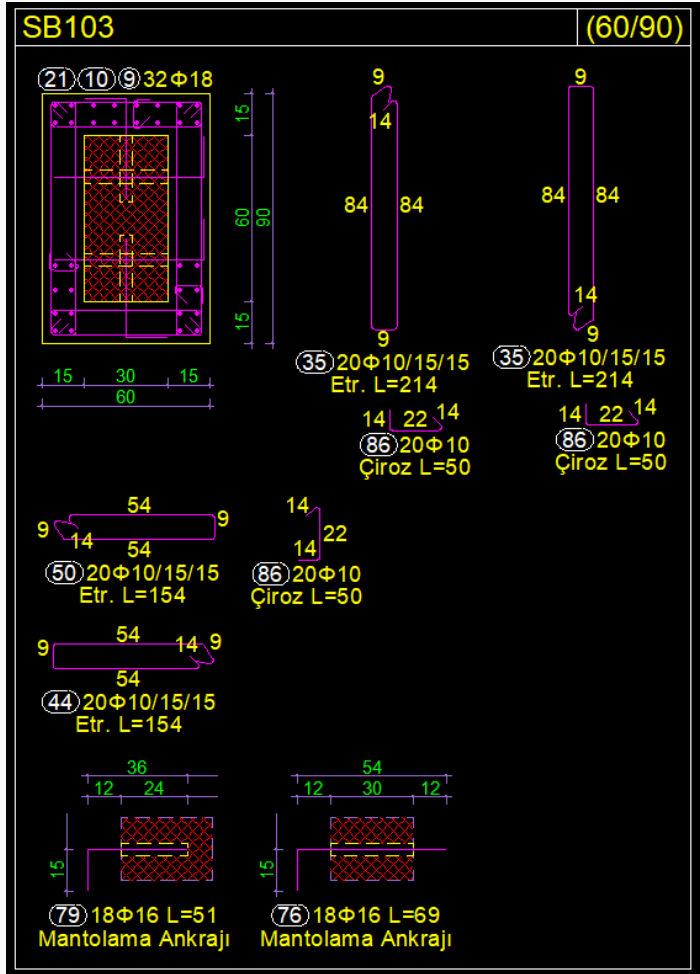
## Klasik Güçlendirme – Çelik Çapraz



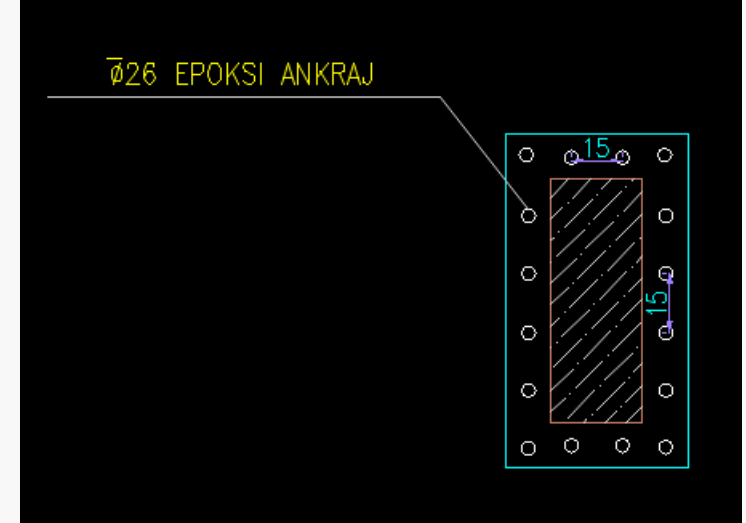
# Klasik Güçlendirme – Betonarme Manto



## Klasik Güçlendirme – Betonarme Manto



## Tipik BA Manto Kiriş Bölgesi



## Tipik BA Manto Temel Ankraj

## Tipik BA Manto

## Klasik Güçlendirme – Betonarme Manto



Mevcut Beton Çentik (Chipleme)



Korozyon Onarımı  
Temizlik -Korozyon önleyici- epoksi,  
aderans artırıcı – Yapısal tamir harcı



Kendinden yerleşen beton

## Klasik Güçlendirme – Betonarme Manto

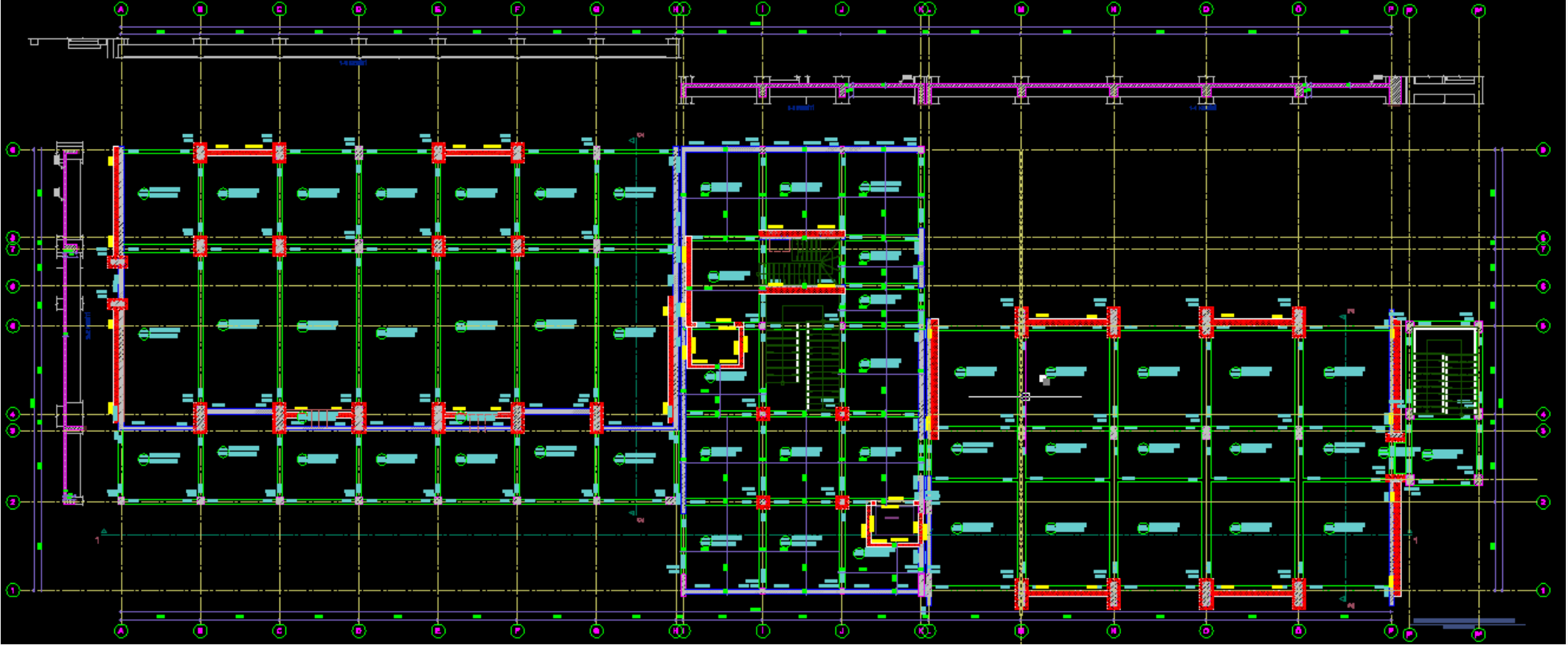


Donatı – Mevcut Betona Ankraj



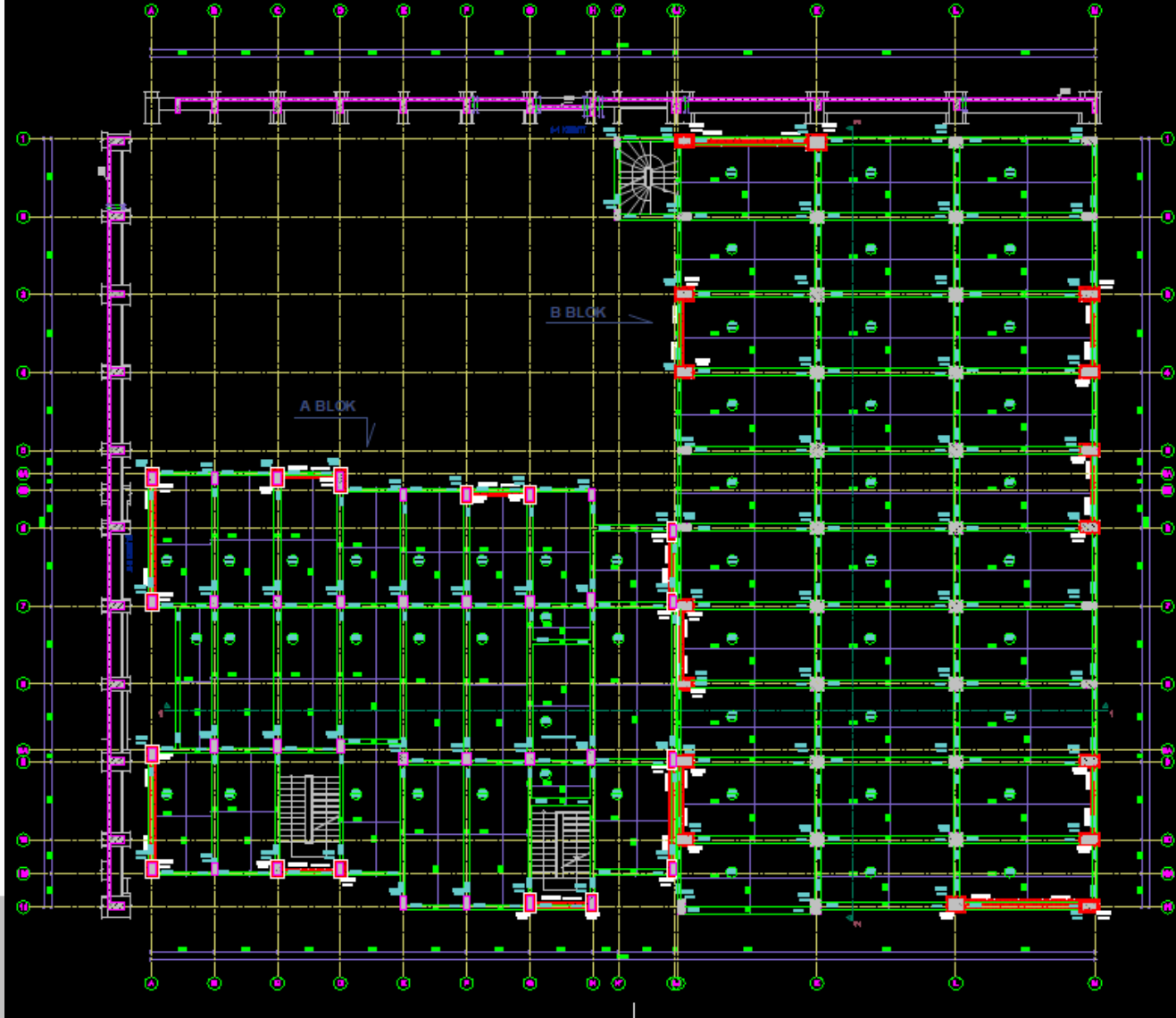
Temel Ankraji

# Klasik Güçlendirme – BA Takviye Perdesi



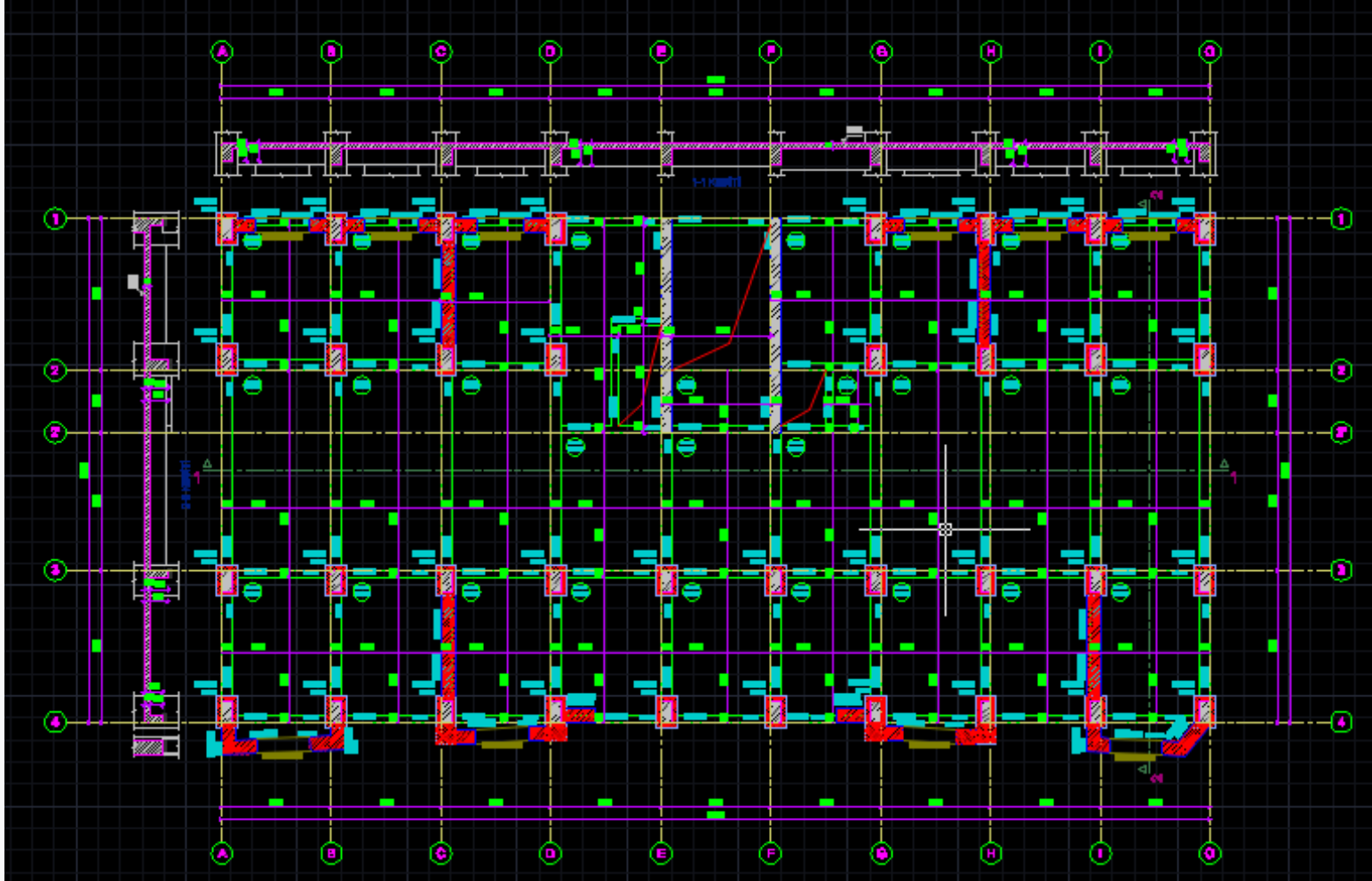
Takviye Perdeli Kat Planı

# Klasik Güçlendirme – BA Takviye Perdesi



Takviye Perdeli Kat Planı

# Klasik Güçlendirme – BA Takviye Perdesi



Takviye Perdeli Kat Planı  
Düşük Beton Kalitesi  
Korozyon

[illegible]

Technical drawing of a reinforced concrete frame joint (Kolon-Ankraj) showing dimensions and reinforcement details.

**Dimensions:**

- Column Height: 200 cm
- Beam Length: 100 cm
- Column Width: 37 cm
- Beam Width: 12 cm

**Reinforcement Details:**

- Perde Ankrağı (121):** 116 Ø20 L=200
- Kiriş Ankrağı (223):** 130 Ø16 L=52

### Kiriş Kolon Ankraj Detay

# Klasik Güçlendirme



Tipik Takviye Perdesi Detayı



# Klasik Güçlendirme



Tipik Takviye Perdesi Detayı

## Klasik Güçlendirme





Radye Temel İlavesi

Temel Kirişı Üst Kotunda

# Klasik Güçlendirme





**İLKE & M**  
**YAPI & TEST MERKEZİ**  
MARMARİS 1991 İÇME CAD. BALIÇ DOKA NO:100  
EĞİTİMİSTANBUL  
TEL : 0212 630 85 40 - 630 44 18

**ÇELİK ÇUBUK ANKRAJ ÇEKME  
DENEY RAPORU**  
(İLKE M Rapor No:DR.04)

**ALINDIĞI YER**

|                                   |              |            |
|-----------------------------------|--------------|------------|
| FAHRETTİN KERİM GÖKAY CAD. NO: 44 | Test Tarihi  | 01.12.2014 |
| 145/1242/121-122                  | Lab Kayı No  | A-316      |
| KADIKÖY/İSTANBUL                  | Rapor Tarihi | 01.12.2014 |
| CHIMFIX PRO                       | Rapor No     | 316-IST    |
| ABLOK                             | Sayfa No     | 1          |

**PROJE ADI**

**BEYAZ KÖŞK SİTESİ**

**MÜTEAHHİT / MÜŞTERİ FIRMA**

**YAPI GÜÇLENDİRME MERKEZİ**

**ALINDIĞI SAAT**

**10:00**

**ÇELİK ÇUBUK ANKRAJ ÇEKME DENEY SONUÇLARI**

| Numara No | DENEYİN YERİ      | ANKRAJ<br>ÇAP<br>d (mm) | Derinlik<br>h (cm) | SIYIRILMA<br>YÜKÜ<br>min TON<br>(fy4*0.70) | BULUNAN<br>SIYIRILMA<br>KUVVETİ<br>(BAR) | BULUNAN<br>SIYIRILMA<br>YÜKÜ (TON) | DENEYİN BİTİŞ ŞEKLİ |
|-----------|-------------------|-------------------------|--------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------|---------------------|
| 1         | BODRUM KAT PB-131 | 16                      | 25                 | 5.237                                      | 200                                      | 6.629                              | BİRAKTIRILDI        |
| 2         | BODRUM KAT SB-120 | 16                      | 25                 | 5.237                                      | 210                                      | 7.014                              | BİRAKTIRILDI        |
| 3         | BODRUM KAT SB-114 | 16                      | 20                 | 5.237                                      | 200                                      | 6.629                              | BİRAKTIRILDI        |
| 4         | BODRUM KAT SB-119 | 16                      | 25                 | 5.237                                      | 200                                      | 6.629                              | BİRAKTIRILDI        |
| 5         | BODRUM KAT SB-112 | 16                      | 20                 | 5.237                                      | 250                                      | 8.243                              | BİRAKTIRILDI        |
| 6         | BODRUM KAT PB-106 | 16                      | 20                 | 5.237                                      | 170                                      | 5.605                              | BİRAKTIRILDI        |
| 7         | BODRUM KAT SB-101 | 26                      | 60                 | 13.828                                     | GELDİ                                    | GELDİ                              | BİRAKTIRILDI        |
| 8         | BODRUM KAT SB-101 | 26                      | 60                 | 13.828                                     | GELDİ                                    | GELDİ                              | BİRAKTIRILDI        |
| 9         | BODRUM KAT SB-105 | 26                      | 60                 | 13.828                                     | GELDİ                                    | GELDİ                              | BİRAKTIRILDI        |
| 10        | BODRUM KAT SB-105 | 26                      | 20                 | 13.828                                     | GELDİ                                    | GELDİ                              | BİRAKTIRILDI        |
| 11        |                   |                         |                    |                                            |                                          |                                    |                     |
| 12        |                   |                         |                    |                                            |                                          |                                    |                     |
| 13        |                   |                         |                    |                                            |                                          |                                    |                     |
| 14        |                   |                         |                    |                                            |                                          |                                    |                     |
| 15        |                   |                         |                    |                                            |                                          |                                    |                     |
| 16        |                   |                         |                    |                                            |                                          |                                    |                     |
| 17        |                   |                         |                    |                                            |                                          |                                    |                     |
| 18        |                   |                         |                    |                                            |                                          |                                    |                     |
| 19        |                   |                         |                    |                                            |                                          |                                    |                     |
| 20        |                   |                         |                    |                                            |                                          |                                    |                     |
| 21        |                   |                         |                    |                                            |                                          |                                    |                     |

Ankraj Çekme Testi

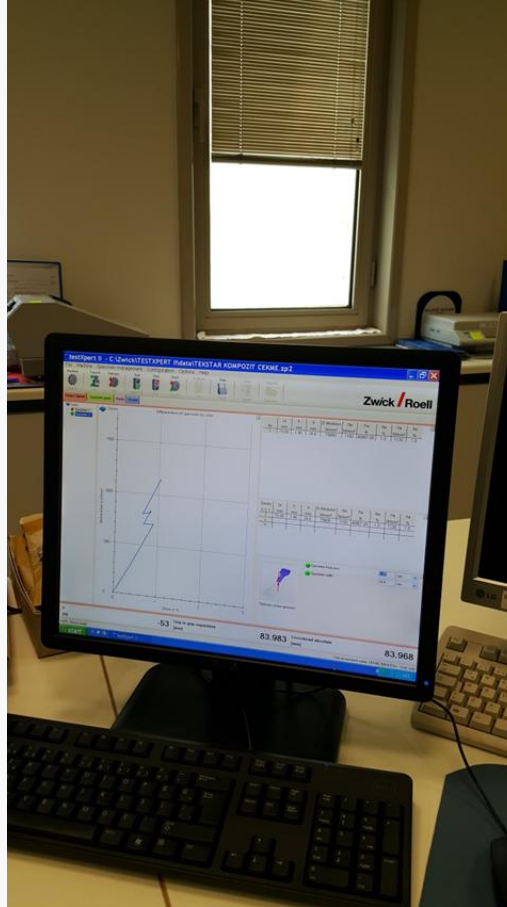
## Klasik Güçlendirme



## Klasik Güçlendirme



# Klasik Güçlendirme



Ankraj Çekme Testi

# Klasik Güçlendirme



FRP  
Pull – Of Testi



## Klasik Güçlendirme

